Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
Wydział Zarządzania

Marek Suma

Teoria Technologicznej Osobliwości

Wpływ osiągnięć robotyki i sztucznej inteligencji na system gospodarczy

Promotor:
prof. dr hab. Paweł Lula

Kraków 2009

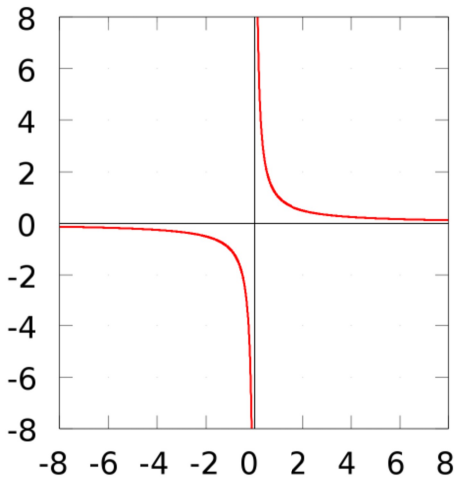
Wstęp

Celem pracy jest zapoznanie czytelnika z teorią Technologicznej Osobliwości oraz przedstawienie argumentów przemawiających za i przeciwko niej. Postaram się streścić ogromny postęp w informatyce jaki dokonał się na przestrzeni ostatnich lat, nakreślić obraz najbliższej przyszłości oraz spróbować udowodnić, że żyjemy w czasach niezwykłych ze względu na łatwość wymiany informacji oraz wpływ jaki nowoczesne technologie informatyczne wywierają na społeczeństwo. Dodatkowo przedstawię sylwetki najwybitniejszych wizjonerów naszych czasów oraz zacytuję w ramach ciekawostki wyobrażenia naszych przodków o XXI wieku, które nie znalazły pokrycia w rzeczywistości.

Znaczenie terminu

Teoria Technologicznej Osobliwości głosi, że w niedalekiej przyszłości nastąpi moment, w którym postęp techniczny przyspieszy poza możliwości zrozumienia dzisiejszego człowieka. Teoria została rozpowszechniona przez Vernora Vinge'a jednak podobne idee były omawiane już wcześniej przez Johna von Neumanna i Irvinga J. Gooda. Według pierwotnych teorii, głównym wydarzeniem mającym doprowadzić do Osobliwości byłoby stworzenie sztucznej inteligencji dorównującej możliwościom ludzkiemu umysłowi. Maszyna obdarzona taką sztuczną inteligencją mogłaby sama nauczyć się poprawiać swoje możliwości intelektualne w tempie znacznie przewyższającym naturalną ewolucję. Inny wariant teorii Technologicznej Osobliwości promowany między innymi przez Raymonda Kurzweila, opiera się na obserwacji, że przełomy w rozwoju technologicznym cywilizacji pojawiają się w coraz mniejszych odstępach czasu, przyspieszając w sposób wykładniczy. Ekstrapolacja tego trendu sugeruje gigantyczne technologiczne zmiany w XXI stuleciu i Osobliwość około 2045 roku.

Słowo „singularity” oznacza w języku angielskim niezwykłe, bezprecedensowe zjawisko pociągające za sobą niespotykane skutki. Termin jest często używany przez matematyków dla określenia wartości przewyższającej pozostałe o całe rzędy wielkości na przykład w przypadku ciągu powstającego w wyniku dzielenia stałej przez kolejne liczby coraz bliższe zeru.



Wykres funkcji 1/x

Gdy x zmierza do zera, y= 1/x zmierza do nieskończoności

Termin „osobliwość” pojawia się także w astronomii, gdzie oznacza obszar w którym przyspieszenie grawitacyjne lub gęstość materii są nieskończone. Astrofizycy przypuszczają że osobliwości znajdują się w centrum czarnych dziur – obiektów o gęstości tak dużej, że uniemożliwia ona wydostawanie się fotonów ze swojego pola grawitacyjnego.

Sztuczna inteligencja

Sztuczna inteligencja to gałąź informatyki zajmująca się tworzeniem maszyn i oprogramowania wspólnie zdolnych do postrzegania otoczenia i podejmowania działań mających zmaksymalizować korzyść. John McCarthy – pomysłodawca terminu „sztuczna inteligencja” definiuje ją jako naukę o projektowaniu i budowaniu inteligentnych maszyn. W badaniach oparto się na twierdzeniu, że główny wyróżnik rodzaju ludzkiego - inteligencja, może być dokładnie zbadany i symulowany przez maszynę[1]. Tak oto powstał problem natury filozoficznej dotyczący natury umysłu i ograniczeń nauki, który pojawiał się w mitologii literaturze i filozofii już od starożytności[2]. Na przestrzeni lat sztuczna inteligencja była obiektem zachwytu i nadmiernego optymizmu, jak i źródłem rozczarowań. Dziś stanowi jeden z głównych nurtów rozwoju przemysłu komputerowego stanowiąc nieocenioną pomoc w rozwiązywaniu problemów informatycznych. Badania nad sztuczną inteligencją są wysoko wyspecjalizowane i ukierunkowane na rozwiązywanie konkretnych zadań, użycie szczególnych narzędzi i ze względu na różne podejścia. Główne problemy sztucznej

1 J. McCarthy, M. L. Minsky, N. Rochester, *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*, 1955

2 Bogdan Suchodolski, „Kim jest człowiek?”, Wiedza Powszechna, Warszawa 1985

inteligencji obejmują dedukcję, wiedzę, planowanie, nauczanie, komunikację, percepcję i umiejętność manipulacji przedmiotami. Trwają badania nad maszynami posiadającymi wszystkie te umiejętności - „silną sztuczną inteligencją". Można tu wyróżnić kilka podejść:

-funkcjonalistyczne: próbujące znaleźć rozwiązanie w oparciu o studiowanie ludzkiego zachowania (podejście *top-down*)

-redukcjonistyczne: symulowany jest poziom fizjologiczny działania neuronów, kolumn neuronalnych i coraz większych struktur, aż do symulowania działania całego mózgu ludzkiego (podejście *bottom-up*)

Największą trudnością jest fakt, że mózg ludzki powstał w toku milionów lat ewolucji, a sieć jego neuronów w ciągu życia człowieka ulega ciągłym zmianom, natomiast większość dzisiejszych mikroprocesorów powstaje przez wytrawienie w waflu krzemowym wzoru zaprojektowanego przy pomocy innego mikroprocesora. Mózg wykonuje wiele operacji równolegle podczas gdy komputer najczęściej wykonuje polecenia sekwencyjnie, a dodatkowo można w jego przypadku łatwo dokonać podziału na sprzęt i oprogramowanie. Lista różnic jest długa i właśnie dlatego badań nad ludzkim mózgiem nie sposób porównywać do żadnego innego przypadku inżynierii odwrotnej (*reverse engineering*). Różnice te dostrzegł Hans Moravec formułując paradoks: *W rozwiniętych ośrodkach zmysłów i ruchu ludzkiego mózgu są zakodowane w toku ewolucji miliardy lat doświadczeń i wiedzy o sposobach przetrwania. Proces rozumowania jest tylko cienką, najwyższą warstwą leżącą na o wiele starszych i potężniejszych, choć zazwyczaj używanych nieświadomie obszarach wiedzy o postrzeganiu i poruszaniu. Jesteśmy tak przyzwyczajeni do tych podstawowych umiejętności że wydają nam się one proste*[3]. Logiczne rozumowanie nie wymaga dużych mocy obliczeniowych - najlepszym przykładem jest komputer pokonujący człowieka w grze w szachy. Dużo większych mocy obliczeniowych wymagają umiejętności poruszania się i postrzegania otoczenia (*sensorimotor skills*). Komputer wygrywa w szachy niejako na swoim boisku. Gdyby oprócz analizowania sytuacji na szachownicy i planowania ruchu miał także rozpoznawać kształty figur i sterować ramieniem przemieszczającym je, to gra stałaby się dla niego dużo trudniejsza.

-Czas poświęcony na odwzorowanie każdej umiejętności człowieka będzie proporcjonalny do czasu, przez który ta umiejętność wykształcała się w toku ewolucji.

-Najprostsze czynności wykonujemy najczęściej nieświadomie, więc postrzegamy je jako nie wymagające wysiłku

3 Hans Moravec, „Mind Children", Harvard University Press 1988

-Powinniśmy więc spodziewać się że umiejętności nie wymagające wysiłku będą trudne w odwzorowaniu, ale czynności bardziej absorbujące już nie.

Rozwój ludzkiego mózgu przebiega w ten sposób, że w późnym okresie embrionalnym i we wczesnym dzieciństwie, kiedy to komórki nerwowe wytwarzają ogromną liczbę dendrytów, które przez synapsy łączą się z innymi komórkami nerwowymi. Te połączenia pomiędzy neuronami kory mózgowej wytwarzane są w nadmiarze. W wieku trzech lat mamy ich około 1015 (na jedną komórkę) i są one stosunkowo przypadkowe i bezładne. Ponieważ ta liczba synaps jest mniej więcej dwukrotnie większa niż u dorosłego człowieka, mózg dziecka nie działa precyzyjnie i efektywnie, zanim część z nich nie zostanie utrwalona, a reszta wyeliminowana w procesie, który amerykański noblista Gerald Edelman[4] porównał do naturalnej selekcji i nazwał neurologicznym darwinizmem. Do niedawna sądzono, że proces eliminacji nadmiarowych połączeń nerwowych zachodzi w toku osobniczego rozwoju jednorazowo, w okresie wczesnego dzieciństwa. Dzięki nowym narzędziom badawczym umożliwiającym badanie aktywności żywego mózgu (Firm, PET) neurofizjolodzy dostrzegli, że w wieku 10-12 lat czyli na krótko przed początkiem dojrzewania mózg przechodzi drugą falę nadmiarowego wzrostu komórek kory, który powoduje przejściową dezorganizację jej pracy.

Nie istnieje jedyna słuszna metoda prowadzenia badań nad sztuczną inteligencją. Naukowcy w wielu kwestiach są ze sobą skłóceni. Między innymi: czy powinna symulować ludzką psychologię czy neurobiologię? Czy ludzka anatomia ma podobne znaczenie dla badań nad sztuczną inteligencją jak anatomia ptaków dla aeronautyki? Czy zachowanie przejawiające inteligencję może być opisane prostymi i jednoznacznymi zasadami jak logika czy optymalizacja?

Sama moc obliczeniowa nie wystarczy by powstał inteligentny agent. Ważny jest też sposób w jaki będzie on postrzegał otoczenie. Pomocna może okazać się technologia sieci semantycznych. Jest to jeden z kierunków rozwoju World Wide Web, według którego semantyka informacji i usług w sieci jest zdefiniowana zgodnie z zasadami umożliwiającymi korzystanie z treści zarówno ludziom, jak i programom. Pomysłodawcą sieci semantycznych jest Sir Tim Bernes-Lee, twórca WWW i prezes World Wide Web Consortium (W3C) organizacji wyznaczającej i promującej międzynarodowe standardy technologii informacyjnych. Sir Tim Bernes-Lee nakreślił wizję sieci jako kanału wymiany danych, informacji i wiedzy. Sieć semantyczna opiera się na zestawie zasad projektowania, współpracy grup osób publikujących treści oraz licznych technologii wspomagających. Treść

4 Nagroda Nobla w dziedzinie medycyny 1972 rok

przydatna dla potrzeb sieci semantycznej ma formę przekładańca (*layer cake*):

-Mechanizmy certyfikacji i zaufania

-Mechanizmy wnioskowania

Język OWL pozwala definiować zależności między danymi, dzięki czemu można przeprowadzać wnioskowanie. Osobną sprawą jest przygotowanie odpowiednich mechanizmów, które takie wnioskowanie poprawnie przeprowadzą w odpowiednio szybkim czasie. Program przeprowadzający wnioskowanie to „reasoner" (polski odpowiednik brzmiałby „wnioskujący"). Aktualnie zaawansowanie techniczne reasonerów jest wciąż ograniczone i przeprowadzanie wnioskowań nawet na nieskomplikowanych ontologiach trwa zbyt długo jak na uwarunkowania Internetu.

-Web Ontology Language (OWL) Język ze składnią opartą na XML, a semantyką opartą na logice opisowej. Jest rozszerzeniem RDF. Służy do opisu danych w postaci ontologii.

-Resource Description Framework (RDF) i RDF Schema. Specyfikacja modelu metadanych, umożliwia zautomatyzowane maszynowe przetwarzanie abstrakcyjnych opisów zasobów. Może służyć wyszukiwaniu danych bądź śledzeniu informacji na dany temat i pozwala za zapis danych w postaci grafu skierowanego.[5]

Schematy RDF wprowadzają do grafów takie pojęcia jak klasy i podklasy, pozwalające na wspólne grupowanie danych mających cechy wspólne. Dowolna dana może znajdować się w wielu klasach.

-Extensible Markup Language (XML) Rozszerzony język znaczników przeznaczony do reprezentowania różnych danych w strukturalizowany sposób.

Schematy XML wprowadzają ograniczenia dotyczące typu i struktury danych. Zachowanie typu i struktury daje gwarancję, że dane XML są poprawne w sensie syntaktycznym (np. w polu, w którym oczekujemy wartości liczbowej, wartość taka się pojawi)

-Uniform Resource Identifier[6] często niesłusznie utożsamiany z Uniform Resource Locator

URI - Standard zapewniający unikatowość zasobów internetowych. Ponieważ wszystkie dane przesyłane w ramach Semantic Web będą zasobami internetowymi, będą one wymagały także określenia dla nich identyfikatora. Identyfikator będzie mógł składać się z

5 http://www.w3.org/RDF/
6 http://tools.ietf.org/html/rfc2396

ciągu znaków Unicode

URL - dodatkowo wskazuje sposób dostępu do zasobu (protokół)

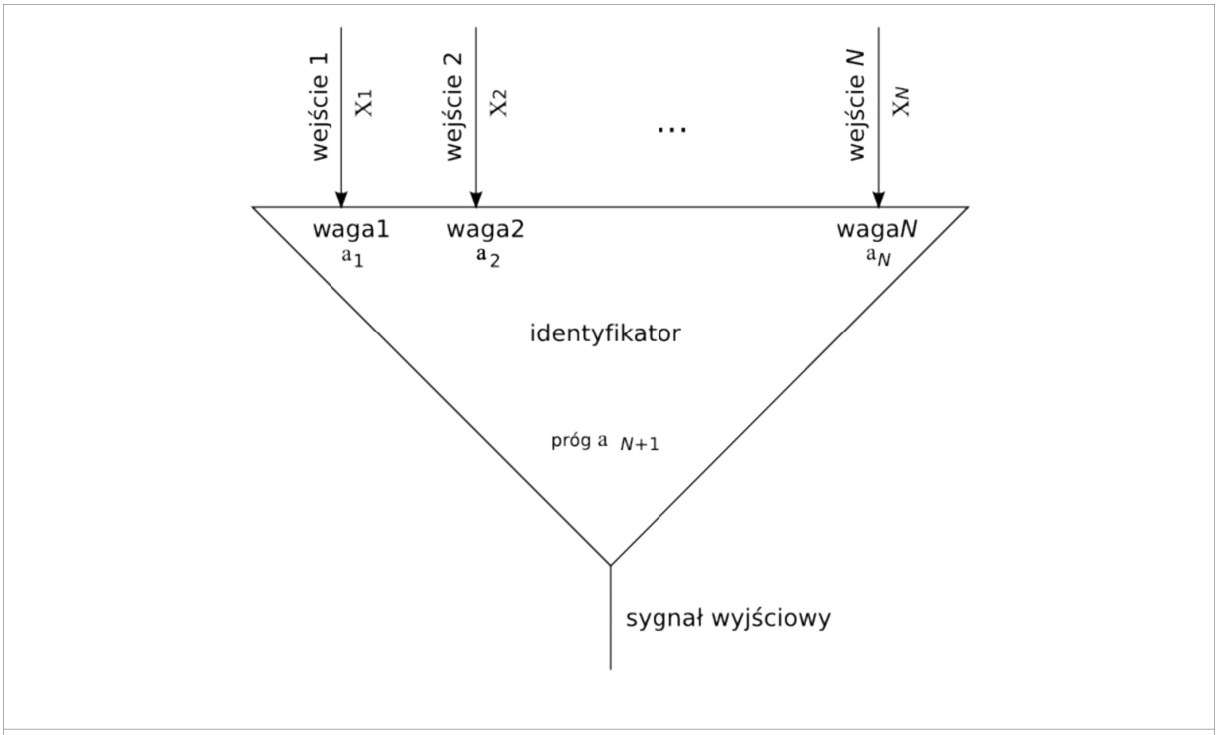
-Unikod – Zestaw znaków obejmujący wszystkie pisma używane na świecie. Definiują go dwa standardy: Unicode oraz ISO 10646. Rozwijany jest przez konsorcjum współpracujące z organizacją ISO.

Sieci neuronowe

Nazwą sieci neuronowe określa się ogół struktur matematycznych, programowych i sprzętowych modeli realizujących obliczenia lub przetwarzających sygnały przy użyciu zbioru obiektów zwanych sztucznymi neuronami. Modele te oparte są na sposobie działania neuronów biologicznych, układów z nich złożonych, a w szczególności mózgu.

W schematach sieci neurony przedstawia się jako figury geometryczne z wieloma wejściami i jednym wyjściem. Każdemu wejściu przypisana jest jego waga synaptyczna $a_i \in A$ ($i=1,2,...,N$). Sygnały wejściowe, które docierają do poszczególnych wejść neuronu mają różny wpływ na jego działanie. Wagi są liczbami rzeczywistymi i mogą przyjmować wartości dodatnie lub ujemne. Jest to odwzorowanie zasady działania połączeń synaptycznych w biologicznym neuronie. Wyjście neuronu jest reprezentacją aksonu (neurytu) i przyjmuje wartości $x \in X$. Wierzchołek, z którego jest poprowadzone wyjście jest dodatkowo opisany wartością współczynnika $a_{N+1} \in A_2$ nazywanego progiem komórki. Identyfikator może być liczbą porządkową lub opisywać realizowaną funkcję logiczną. W wyniku odbierania impulsów wejściowych z poszczególnych synaps komórki dochodzi do pobudzenia komórki $E \in U$ czyli depolaryzacji błony komórkowej. Jeśli pobudzenie jest niewielkie lub jeśli bilans impulsów pobudzających i hamujących jest ujemny to komórka powraca do stanu początkowego. Natomiast jeśli pobudzenie przekroczy próg komórki, dochodzi do wygenerowania impulsu nerwowego przesyłanego aksonem do kolejnych komórek. Siła impulsu jest niezależna od stopnia przekroczenia progu. Jest to tak zwana w fizjologii zasada wszystko albo nic. W rozważaniach teoretycznych jest podstawą do przyjęcia umownie 0 i 1 jako odpowiednio brak sygnału i sygnał[7].

7 Ryszard Tadeusiewicz, „Problemy biocybernetyki”, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1994



matematyczny model neuronu
źródło: Ryszard Tadeusiewicz, „Problemy biocybernetyki", Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1994

Do przeprowadzania symulacji działania sieci neuronowych służy specjalistyczne oprogramowanie. Najpopularniejsze obecnie symulatory sztucznych sieci neuronowych to Stuttgart Neural Network Simulator[8], Neural Lab[9], Emergent (dawniej PDP++). Niestety do symulowania sposobu działania mózgu nie wystarczy odwzorowanie struktury połączeń synaptycznych. W mózgu zachodzi wiele procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych. Dlatego powstają bardziej zaawansowane symulatory jak Neuron[10] czy Genesis[11] biorące pod uwagę te procesy.

Projekt Blue Brain

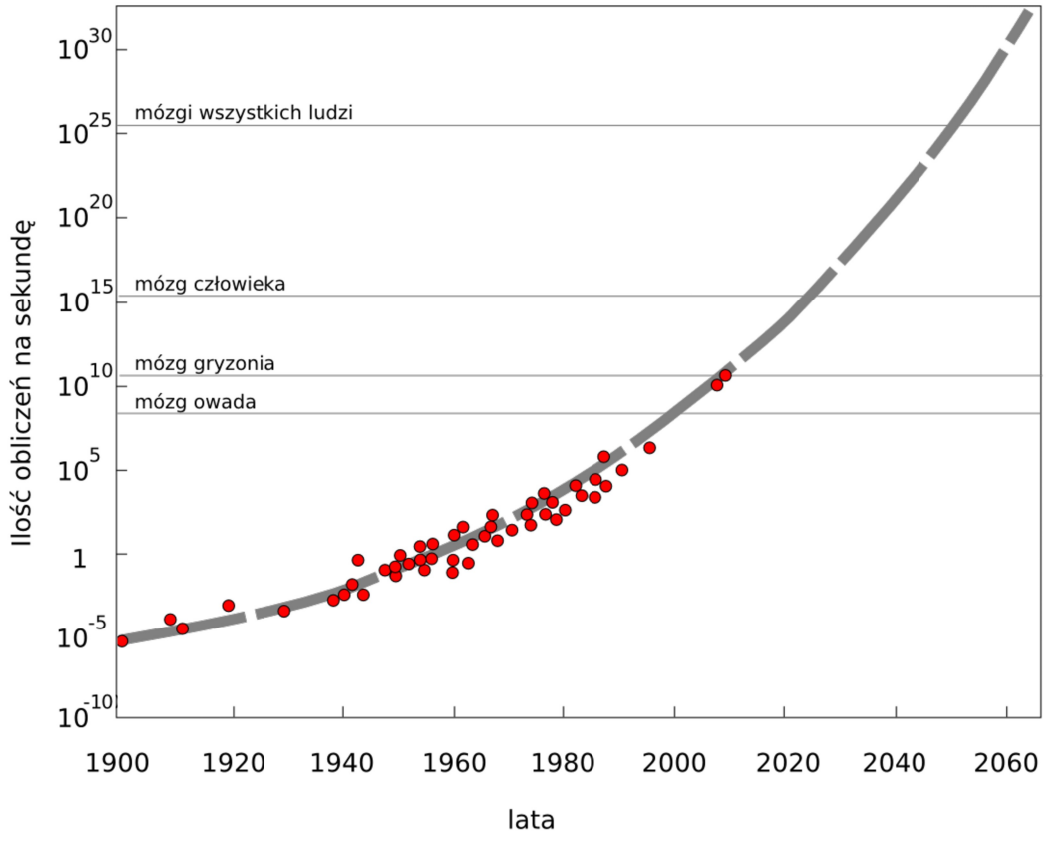
Projekt Blue Brain to obecnie najbardziej zaawansowane przedsięwzięcie mające na celu odwzorowanie mózgu ssaka na poziomie molekularnym. Projekt zapoczątkowany w 2005 roku na Politechnice Federalnej w Lozannie, by studiować budowę i zasady działania mózgu[12]. Do obliczeń wykorzystywany jest superkomputer Blue Gene z zainstalowanym oprogramowaniem NEURON. Naukowcy mają nadzieję, że dzięki niemu poznamy lepiej naturę świadomości. Symulacja obejmuje nie tylko sztuczną sieć neuronową ale także model

8 http://www.ra.cs.uni-tuebingen.de/SNNS/
9 http://www.dicis.ugto.mx/profesores/sledesma/documentos/index.htm
10 http://www.neuron.yale.edu/neuron/
11 http://genesis-sim.org/
12 http://bluebrain.epfl.ch/

opisujący biologiczną budowę neuronów. Odwzorowanie na poziomie molekularnym jest ważne z powodu ekspresji genu – procesu, którym informacja genetyczna jest odczytywana i odwzorowana w jego produktach (białka i RNA). Istnieją także skojarzone projekty takie jak Cajal Blue Brain prowadzony w centrum obliczeń i wizualizacji w Madrycie przy użyciu superkomputera Magerit[13] i podobne placówki w Wielkiej Brytanii, Stanach Zjednoczonych i Izraelu. Początkowy cel projektu osiągnięty w 2006 roku obejmował symulowanie działania kolumny neuronalnej – najmniejszej funkcjonalnej części nowej kory mózgowej czyli części mózgu odpowiedzialnej za funkcje wyższe takie jak świadomość. Kolumna neuronalna dzieli się u człowieka z 6 warstw i zawiera od 10000 do 100000 neuronów. Wysokość kolumny odpowiada grubości kory mózgowej czyli od 2 do 5 mm. W późniejszej fazie naukowcy chcą uprościć model na poziomie molekularnym tak, aby dało się symulować działanie całej nowej kory mózgowej.

Długofalowym celem projektu jest budowa szczegółowego modelu procesów fizjologicznych zachodzących w ludzkim mózgu. Kierownik projektu Henry Markram twierdzi że *Zbudowanie ludzkiego mózgu nie jest niemożliwe i możemy tego dokonać w przeciągu dekady*[14].

13 http://www.cesvima.upm.es/projects.html
14 http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/8164060.stm



Ilość obliczeń na sekundę
źródło: Ray Kurzweil, „The Singularity is near", wydawnictwo Penguin Group 2005

Komputer analogowy

Prawdopodobieństwo powrotu do łask komputerów analogowych jest niewielkie, jednak myślę że fakt ich zaistnienia na rynku usług informatycznych jest dowodem na to, że komputer to nie tylko maszyna oparta na systemie binarnym. Mianem komputera analogowego określa się ogół urządzeń wykorzystujących zjawiska (elektryczne, hydrauliczne, mechaniczne itp.) o naturze ciągłej do rozwiązywania problemów natury matematycznej. Słowo „analogowy" nie jest przeciwieństwem słowa „cyfrowy", a jedynie określa inną zasadę działania. Najprostszym przykładem komputera analogowego jest suwak logarytmiczny, pewne cechy komputerów analogowych posiadają także przeliczniki artyleryjskie i optyczno-mechaniczne celowniki bombowe[15] współcześnie wyparte przez elektroniczne systemy CCIP. Komputery analogowe cieszyły się popularnością na przełomie lat 60tych i 70tych XX wieku. Sprawdzały się głównie w symulacji procesów i rachunku różniczkowym ze względu na sprawne operowanie liczbami rzeczywistymi. Szybko zostały

15 celownik bombowy Karla Nordena (*Norden bombsight*)

wyparte przez tańsze w produkcji i bardziej wszechstronne komputery oparte na mikroprocesorach.

Komputer kwantowy

Komputer kwantowy to układ, którego zmiany reprezentują przebieg procesu obliczeniowego. Podstawowe pojęcia związane z komputerem kwantowym to kwantowa bramka logiczna i kwantowy bit czyli kubit. Kubit różni się od bitu tym, że w każdej chwili może się znajdować w dowolnej superpozycji zera i jedynki. Superpozycja kwantowa to zbiór wszystkich możliwych stanów obiektu. W skrócie komputer kwantowy może więc wykonywać działania na zmiennych z uwzględnieniem prawdopodobieństwa z jakim zmienne przyjmują pewne wartości. Dla pewnej grupy problemów matematycznych zastosowanie algorytmu kwantowego skraca czas obliczeń względem tradycyjnego komputera. Każdy problem, który może być rozwiązany przy pomocy komputera kwantowego może być też rozwiązany na komputerze klasycznym jednak znacznie większa moc obliczeniowa komputerów kwantowych poszerza zakres problemów do których mogą być użyte komputery. Postęp w dziedzinie komputerów kwantowych dokonał się w 1995 roku kiedy to udało się skonstruować kwantowe bramki. W Kalifornijskim Instytucie Technologii w Pasadenie użyto atomu cezu uwięzionego w optycznej pułapce pomiędzy lustrami. Rolę kubitów fizycznie odgrywały fotony światła różnej o polaryzacji. W Narodowym Instytucie Standardów i Technologii w Boulder w stanie Kolorado wykorzystano atom berylu oświetlany laserem. Obliczeń dokonywano według algorytmów kwantowych opracowanych jeszcze zanim udało się skonstruować urządzenie. Algorytmy kwantowe mają charakter probabilistyczny. Każde uruchomienie (iteracja) może dać inny wynik z powodu losowości procesu pomiaru. Dopiero wielokrotne uruchomienie daje prawidłowe wyniki. W 2007 roku zbudowano pierwszy komputer z rejestrem kwantowym. Rejestr składa się z zespołu atomów, z których każdy reprezentuje jeden kubit. Różnica między rejestrem klasycznego komputera polega na tym, że rejestr kwantowy może być w superpozycji wielu ciągów zer i jedynek. Wykonanie operacji na rejestrze kwantowym jest równoznaczne z wykonaniem jej na wszystkich ciągach bitów w nim zapisanych[16]. Jedną z wad komputerów kwantowych jest dekoherencja. Pod wpływem czynników zewnętrznych kubit może zamiast pozostawać w superpozycji, przejść do któregoś ze stanów stacjonarnych. Aby temu zapobiec ogranicza się kontakt atomów z otoczeniem przez umieszczanie w pułapkach magnetycznych i sterowanie przy pomocy impulsów lasera.

Zasadę działania komputera kwantowego i mechanikę kwantową w ogóle pomaga zrozumieć

16 http://www.qubit.org/

eksperyment myślowy „kot Schrödingera”. Kot ten pomimo, że jest istotą w skali makro złożoną z wielu atomów znajduje się w stanie superpozycji czyli jest równocześnie żywy i martwy. Aby zbudować taki układ potrzebujemy:

-detektora promieniowania (licznik Geigera-MÜllera)
-źródła promieniowania radioaktywnego, które emituje średnio jedną cząstkę w ciągu godziny
-pojemnik z trucizną zdolną zabić kota
-dźwiękoszczelną klatkę na kota

Podłączmy pojemnik z trucizną do detektora promieniowania w ten sposób, że trucizna zostanie uwolniona w momencie zarejestrowania emisji cząstki ze źródła promieniowania. Wkładamy źródło promieniowania, detektor, truciznę i kota do klatki i czekamy godzinę. Z racji że źródło promieniowania radioaktywnego emituje średnio jedną cząstkę na godzinę to prawdopodobieństwo, że kot żyje wynosi 50%. Stan kota jest więc niejako jednostronnie sprzężony ze stanem cząstki elementarnej. Do momentu otwarcia klatki kot jest w stanie superpozycji. Dopiero otwarcie klatki i obserwacja określa jego stan jako żywy lub martwy.

Komputer optyczny

Współczesne komputery wykorzystują ruch elektronów po określonych trasach do wykonywania operacji logicznych. W komputerze optycznym zamiast elektronów występują fotony emitowane przez laser. Aby komputer optyczny mógł działać potrzebna jest metoda umożliwiające jednej wiązce światła włączać lub wyłączać inną. Wykonany z polimeru tranzystor optyczny[17] może pracować z częstotliwością tysiąckrotnie większą niż elektroniczny. Eksperymenty ze spowalnianiem fotonów wewnątrz kryształów, dowodzą że można ich używać w charakterze kondensatorów[18]. Wyższość komputerów optycznych nad elektronicznymi przejawia się także mniejszym poborem mocy, a co za tym idzie mniejszą ilością generowanego ciepła. Wiązki światła o różnej częstotliwości mogą się krzyżować bez wywierania na siebie wpływu, czego nie potrafią wiązki elektronów. Układ optyczny będzie mniejszy od elektronicznego ze względu na eliminację konieczności omijania się ścieżek. Układy optyczne mogą działać we współpracy z układami elektronicznymi jako hybryda lub oferować zupełnie inne metody obliczeniowe dostosowane do ich specyfiki (niemożliwe do zastosowania w układach elektronicznych).

17 http://www.heise-online.pl/newsticker/news/item/Komputery-szybkie-jak-swiatlo-757305.html
18 http://www.sciencedaily.com/releases/2007/11/071117102349.htm

Komputer biologiczny

W 1994 Leonard Adelman z Uniwersytetu Południowej Karoliny zademonstrował dowód koncepcji wykorzystania cząsteczek kwasu dezoksyrybonukleinowego (DNA) do rozwiązania szczególnego przypadku problemu komiwojażera, mianowicie tak zwanej ścieżki Hamiltona[19]. W 2002 roku naukowcy z Weizmann Institute of Science zaprezentowali programowalne urządzenie obliczeniowe składające się z enzymów i molekuł DNA. Komputery DNA są oparte na zasadzie obliczeń równoległych. Poszczególne molekuły wypróbowują jednocześnie różne możliwości. W pewnych zastosowaniach komputery DNA mogą być szybsze i mniejsze niż jakiekolwiek komputery zbudowane do tej pory, jednak nie przewyższają komputerów klasycznych pod względem rozwiązywania problemów złożonych. Jeśli złożoność problemu rośnie w tempie wykładniczym dla komputera opartego na krzemie to rośnie tak samo dla komputera DNA. Badania nad komputerami DNA pokrywają się częściowo z nanotechnologią DNA. Niektóre osiągnięcia nanotechnologii mają zastosowanie w komputerach molekularnych.

Test Turinga

W 1950 roku Alan Turing zaproponował test mający rozstrzygnąć spór czy maszyny myślą. Chciał postawić pytanie lepiej sformułowane. Test ma za zadanie sprawdzić zdolność maszyny do posługiwania się językiem naturalnym i pośrednio sprawdzić czy maszyna potrafi myśleć w sposób zbliżony do ludzkiego. Test polega na rozmowie człowieka – sędziego z kilkoma stronami. Jeśli sędzia nie jest w stanie stwierdzić, który jego rozmówca jest człowiekiem, a który maszyną to maszyna przechodzi test. Turing szacował że około, 2000 roku maszyny z pamięcią 10^9 bitów czyli 119,2 MB będą mogły oszukać 30% sędziów. Obecnie programy konwersacyjne współpracujące z klientem IRC lub komunikatorem internetowym są w stanie przekonywać rozmówcę, że ma do czynienia z człowiekiem, ale wynika to z faktu, że rozmówca nie zakłada od początku, że rozmawia z programem oraz może tolerować niektóre jego błędy myśląc, że osoba ta źle go zrozumiała na przykład z powodu nieznajomości języka, w którym prowadzą rozmowę. Zaawansowany program konwersacyjny może zdradzić swoją tożsamość na przykład podając rozwiązanie równania matematycznego, którego człowiek nie mógłby rozwiązać w krótkim czasie. Co roku odbywa się konkurs o nagrodę Loebnera - złoty medal dla pierwszej osoby, która napisze program lub zbuduje komputer zdolny do przejścia testu Turinga. Jak dotąd nikomu się nie udało[20].

19 Leonard Adelman, *Molecular Computation Of Solutions To Combinatorial Problems*, „Science" 1994
20 http://www.loebner.net/Prizef/loebner-prize.html

Chiński pokój

Chiński pokój to nazwa eksperymentu myślowego zaproponowanego przez Johna Searle'a[21]. Eksperyment ma za zadanie udowodnić, że maszyna przetwarzająca symbole nigdy nie będzie mogła być określana mianem rozumnej, nieważne jak bardzo inteligentnie by się zachowywała.

Eksperyment Searle'a zakłada że skonstruowano komputer zachowujący się tak, jakby rozumiał język chiński. Przyjmuje chińskie pismo jako wejście i wykonując instrukcje specjalnego programu przedstawia tekst w języku chińskim jako wyjście. Można by więc założyć, że komputer rozumie chiński, jednak Searle jest innego zdania. Załóżmy, że w zamkniętym pokoju siedzi człowiek. Ma przy sobie książkę zawierającą angielską wersję wspomnianego wcześniej programu oraz ilość materiałów piśmienniczych pozwalającą mu na symulowanie działania programu bez użycia komputera. Człowiek ten odbiera kartki z teksem po chińsku wsuwane mu pod drzwiami, następnie przetwarza, to co jest na nich zapisane zgodnie z kodem źródłowym programu z książki, oraz wypisuje odpowiedź w języku chińskim. Skoro komputer zdałby test Turinga w ten sposób, równie dobrze może go na tej zasadzie zdać człowiek wykonujący program ręcznie. Searle twierdzi, że nie ma w tym eksperymencie różnicy między rolą odgrywaną przez człowieka i komputer. Każdy wykonuje po prostu program krok po kroku symulując zachowanie inteligentne, a skoro człowiek nie rozumie chińskiego to maszyna również.

Eksplozja inteligencji

Po raz pierwszy o „eksplozji inteligencji" napisał Irving J. Good, sugerując, że jeśli maszyny kiedykolwiek choć trochę przewyższą ludzką inteligencję to będą mogły usprawniać same siebie w sposób nieprzewidziany przez ich projektantów. Pierwsze usprawnienie mogłoby być nieznaczne, ale wraz ze wzrostem inteligencji wzrósłby również ich potencjał rozwoju. Mogłoby to doprowadzić do nagłego skoku inteligencji.

Zdefiniujmy maszynę ultrainteligentną jako maszynę, która przewyższa intelektualnie każdego człowieka. Skoro projektowanie maszyn jest jedną z prac umysłowych, maszyna ultrainteligentna mogłaby projektować jeszcze lepsze maszyny. Byłaby to bez wątpienia eksplozja inteligencji, która pozostawiłaby człowieka daleko w tyle. Maszyna ultrainteligentna będzie ostatnim wynalazkiem człowieka.[22]

Vernor Vinge potem nazwał to wydarzenie „osobliwością" stosując analogię do osobliwości

21 http://www.bbsonline.org/Preprints/OldArchive/bbs.searle2.html

22 Irving John Good, Franz L. Alt and Morris Rubinoff, *Speculations Concerning the First Ultraintelligent Machine*, „Advances in Computers", Academic Press 1965

grawitacyjnej i drastycznych zmian w społeczeństwie, jakie jego zdaniem wystąpiłyby po skoku inteligencji. W latach 80tych XX wieku Vinge popularyzował teorię w esejach i fantastyce naukowej. Później znani naukowcy, tacy jak Bill Joy - założyciel Sun Microsystems, wyrazili obawę przed potencjalnymi niebezpieczeństwami wystąpienia Osobliwości. Po pojawieniu się motywu Osobliwości w powieściach Vinge'a *Marooned in Realtime* i *A Fire Upon the Deep* coraz częściej stawała się ona motywem przewodnim w utworach fantastyczno-naukowych.

Ray Kurzweil definiuje Osobliwość jako okres szczególnie szybkiego postępu technologicznego. Kurzweil twierdzi, że takie wydarzenie wyniknie z szeregu kolejnych zmian odpowiadającemu tak zwanemu Prawu Moore'a, oraz że prawo to będzie dotyczyć również technologii jeszcze nie wynalezionych. Możemy zaobserwować, że przełomy w rozwoju technologicznym cywilizacji zdarzają się w coraz mniejszych odstępach czasu a w tempie zmniejszania się tych odstępów można dostrzec trend wykładniczy. Ekstrapolacja tego trendu sugeruje gigantyczne technologiczne zmiany w XXI stuleciu i osobliwość około 2045 roku. Krytycy interpretacji Kurzweila powołują się na błędy w przewidywaniu według Prawa Moore'a.

Robin Hanson twierdzi, że wiele osobliwości miało już miejsce w historii ludzkości znacznie wpływając na rozwój gospodarki. Najlepszymi przykładami są rewolucje neolityczna i przemysłowa. Nadejście Technologicznej Osobliwości mogłoby wywołać 60-250 krotny wzrost gospodarczy. Często nadejście Osobliwości utożsamia się z wynalazkiem zastępującym praktycznie całą pracę ludzką[23] (patrz strona 32). Moment skonstruowania maszyny dorównującej inteligencją człowiekowi z pewnością będzie przełomowy, ale nie jest jednoznaczny z Osobliwością. Dojdzie do niej dopiero gdy sztuczny umysł wykaże się kreatywnością, zacznie samodzielnie powiększać zasób wiedzy i wyręczać ludzi w czynnościach stanowiących intelektualne wyzwanie.

Krytycy teorii zwracają uwagę że jej zwolennicy ignorują wszystkie negatywne skutki technologii, skupiając się tylko na pozytywnych aspektach. Teoria jest również krytykowana przez anarcho-prymitywistów i obrońców środowiska.

W latach 80tych XX wieku matematyk i pisarz Vernor Vinge znacząco spopularyzował teorię Good'a o eksplozji inteligencji, nazywając stworzenie pierwszej ultrainteligentnej maszyny *Osobliwością*. Vinge po raz pierwszy napisał o tym w styczniu 1983 na łamach magazynu Omni. Zawarł tam często później cytowane zdanie: *W ciągu najbliższych trzydziestu lat,*

23 Robin Hanson, *Economics Of The Singularity*. „IEEE Spectrum Special Report: The Singularity".

nasza technologia umożliwi stworzenie nadludzkich inteligencji. Wkrótce potem, era ludzkości dobiegnie końca. Dalej doprecyzował, że zdziwiłby się gdyby doszło do tego przed 2005 lub po 2030 roku.

Vinge przewiduje co może się stać później: *Jeśli nadludzka inteligencja powstanie to będzie mogła się rozwijać szybciej niż ludzie, którzy ją stworzyli. Sprzężenie zwrotne samoulepszającej się inteligencji spowoduje ogromny postęp technologiczny w krótkim czasie*.

Najpopularniejsze metody utworzenia umysłów nadludzkich bądź transludzkich można zakwalifikować do dwóch kategorii: wspomagania ludzkiej inteligencji oraz stworzenia sztucznej inteligencji. Druga kategoria potencjalnie daje większe możliwości, nie ograniczając się do rozwiązań narzucanych przez naturę. Do wspomagania ludzkiej inteligencji można by zaangażować bioinżynierię, inżynierię genetyczną, leki nootropowe, bezpośredni interfejs mózg-komputer oraz transfer umysłu.

Ewolucja biologiczna

Myli się ten kto sądzi, że ewolucja biologiczna gatunku ludzkiego zatrzymała się. Australijski antropolog Peter McAllister ustalił między innymi na podstawie zachowanych odcisków stóp, że prehistoryczni aborygeni biegali z prędkością przewyższającą aktualny rekord świata[24]. Stwierdził nawet, że współcześni mężczyźni są „najbardziej żałosną grupą męskich Homo sapiens, jacy kiedykolwiek chodzili po [naszej] planecie". Obniżenie się sprawności fizycznej McAllister przypisuje rewolucji przemysłowej i poprawiającym się warunkom bytowania. Bardzo łatwo można z kolei zaobserwować inny trend - na przestrzeni ostatnich kilkuset lat ludzie stawali się coraz wyżsi. Każdy z nas może się o tym przekonać stając w drzwiach średniowiecznej budowli – jeśli uda się wejść bez schylania to na pewno miejsca nad głową będzie niewiele. Po części fakt ten wynika także z doboru naturalnego - kobiety preferują raczej wysokich mężczyzn, jednak obecny wzrost zawdzięczamy głównie postępom w medycynie i bogatszej diecie. Skoro tryb życia i dieta (patrz strona 29) mają wpływ na wygląd i fizjologię człowieka to jaki wpływ będzie miała technologia? Jeśli gatunek ludzki będzie przez dłuższy czas (istotny z ewolucyjnego punktu widzenia) korzystał z technologii to ktoś może kiedyś zapytać *po co nam pięć palców skoro myszka ma tylko dwa przyciski*?

24 Peter McAllister, „Manthropology - The Science of the Inadequate Modern Male", 2009

Przyspieszające zmiany

Niektórzy zwolennicy teorii Technologicznej Osobliwości dowodzą, że jej nadejście jest nieuniknione, co wynika z ekstrapolacji dotychczasowych trendów, w szczególności coraz krótszych odstępów między przełomowymi odkryciami. Matematyk Stanisław Ulam[25] po raz pierwszy posługuje się terminem „osobliwość" w kontekście postępu technologicznego przytaczając rozmowę z Johnem von Neumannem:

Rozmowa zeszła na temat nieprzerwanie przyspieszającego postępu technologicznego i zmian w ludzkim życiu, które to procesy zdają się dążyć do pewnego specyficznego momentu w czasie, po którym to nasz styl życia ulegnie diametralnym zmianom.

Gerald Hawkins jako przełomowe momenty w rozwoju cywilizacji wymienia kolejno: wynalezienie pisma, matematyki i komputera. Te oraz inne wydarzenia na zawsze zmieniły sposób postrzegania otaczającego nas świata. Ray Kurzweil analizując historię doszedł do wniosku że postęp technologiczny podąża ścieżką wzrostu wykładniczego. Prawo Moore'a opisuje geometryczne tempo przyrostu złożoności układów scalonych, jak również wydajności starszych technologii.

Istnieją pewne ograniczenia technologii powstawania układów scalonych takie jak grubość płytki czy szerokość ścieżki tranzystora. Do pewnego stopnia można je omijać stosując lepsze materiały, wydajniejsze chłodzenie bądź inne rozwiązania. Nawet jeśli uda się skonstruować układ scalony o ścieżce szerokości kilku atomów to przy pewnej skali miniaturyzacji prawa jakimi rządzi się elektronika prędzej czy później przestaną działać. Zgodnie z prawem Moore'a nastąpi to około roku 2019. W miarę zbliżania się do granicy możliwości wykorzystania obecnej technologii postęp może zwolnić. Tendencja ta przejawia się na przykład w powiększających się gabarytach superkomputerów i kart graficznych. Projektanci czasami stawiają na większe rozmiary, a nie na miniaturyzację bo jest to bardziej opłacalne. Kiedy granica miniaturyzacji układów scalonych zostanie osiągnięta pozostanie już tylko zwiększanie ich gabarytów lub przejście na technologię komputerów kwantowych, optycznych lub biologicznych.

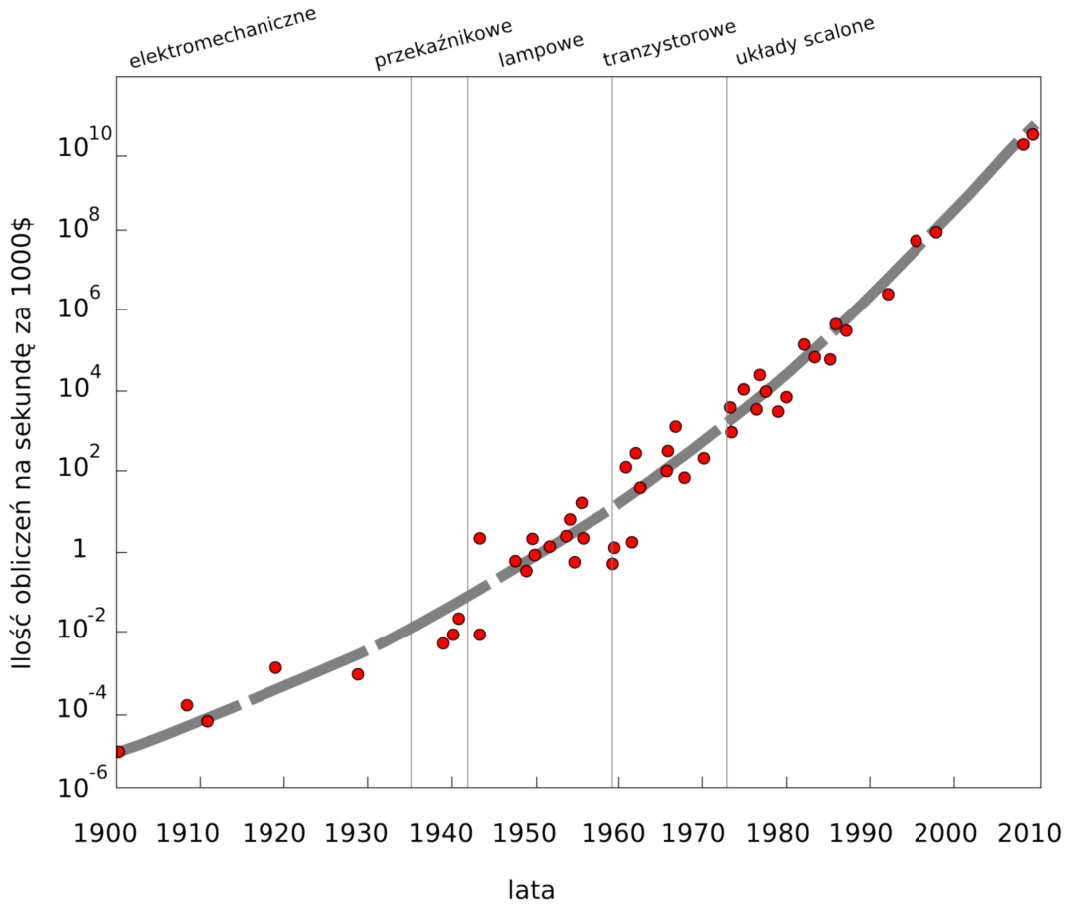
Prawo Moore'a początkowo mówiło, że złożoność układów scalonych podwaja się co 24 miesiące. Dziś wiemy, że następuje to co 18 miesięcy. Ponadto prawo Moore'a dotyczy wielu innych dziedzin i działało już od stuleci. Ludzie nie dostrzegali go, bo krzywa, na której można by nanieść ich odkrycia i usprawnienia była prawie płaska. „prawo przyspieszających korzyści" dotyczy także technologii starszych niż układy scalone. Wszystkie urządzenia

25 Stanisław Ulam, *Tribute to John von Neumann*, „Bulletin of the American Mathematical Society" 1958

obliczeniowe wykazują tendencję do wzrostu mocy obliczeniowej przy jednoczesnym spadku ceny. Począwszy od mechanicznych komputerów użytych w 1890 w spisie powszechnym w Stanach Zjednoczonych, przez opartą na przekaźnikach maszynę Turinga służącą do rozszyfrowywania wiadomości zakodowanych niemiecką Enigmą, aż po tranzystorowe komputery używane na początku podboju kosmosu. Jednak kiedy naniesiemy czas powstania i częstotliwość taktowania tych komputerów na skalę logarytmiczną, na której wzrost wykładniczy wygląda jak linia prosta to nie otrzymamy linii prostej, ale kolejny wzrost wykładniczy. Moc obliczeniowa komputerów w stosunku do ceny jednostkowej podwajała się co trzy lata od 1910 do 1950 roku, co dwa lata od 1950 do 1966, a teraz podwaja się co rok.

Co leży u podstaw tego niezwykle przewidywalnego fenomenu? Czy jest to tylko *wypadkowa celów i oczekiwań ludzi z branży* czy to coś ponadto? Może prawo jest wymiernym przejawem ewolucji przeniesionej na grunt technologii? Prawo Moore'a ściśle dotyczy ilości operacji zmiennoprzecinkowych wykonywanych przez mikroprocesor o stałych rozmiarach. Podlega mu również wielkość ścieżki tranzystora, ale najbardziej praktycznym wyznacznikiem jest moc obliczeniowa w przeliczeniu na koszt jednostkowy. Ten wskaźnik bierze pod uwagę ilość operacji wykonywanych jednocześnie, wielkość pamięci podręcznej i wiele innych innowacji.

Jak potoczy się dalej rozwój technologii informatycznych kiedy fotolitografia nie będzie już mogła się rozwijać, bo natrafi na niemożliwą do ominięcia zależność między wielkością atomu, a długością fali używanego światła? Układy elektroniczne są zazwyczaj płaskie, co jeśli skorzystalibyśmy z trzeciego wymiaru? Mózg ludzki jest przecież przestrzenny. Komórki mózgowe większość energii zużywają do zasilania swojego metabolizmu, a na przetwarzanie sygnałów poświęcają tylko mały ułamek. Jest to bardzo nieefektywny elektrochemiczny analogowy proces obliczeniowy. Większość operacji dokonuje się z prędkością 200 na sekundę na każdym połączeniu czyli 10 milionów razy wolniej niż we współczesnych układach elektronicznych. Mózg jest wydajniejszy dzięki temu że jest zorganizowany przestrzennie i zachodzi w nim wiele procesów równolegle. Budowanie układów przestrzennych jest możliwe na przykład przy zastosowaniu nanotechnologii, układów optycznych, kwantowych lub opartych na DNA.



Prawo Moore'a:
Wydajność układów scalonych w stosunku do ceny podwaja się co 18 miesięcy.
źródło: Ray Kurzweil, „The Singularity is near", wydawnictwo Penguin Group 2005

Za każdym razem gdy technologia zbliża się do bariery, jakaś nowa technologia ją przekracza. Przewiduje on, że kluczowe odkrycia będą następować w coraz krótszych odstępach, aż nastąpi *rozerwanie tkaniny reprezentującej historię cywilizacji*[26]. Kurzweil wierzy, że osobliwość nastąpi jeszcze przed końcem XXI wieku, najprawdopodobniej około roku 2045. W odróżnieniu od Vinge'a zakłada raczej stopniowe zbliżanie się do osobliwości niż gwałtownie rozwijającą się nadludzką inteligencję.

Fundacja badań nad przyspieszającym postępem (*Acceleration Studies Foundation*) organizacja non-profit założona przez Johna Smarta, jest zaangażowana w edukację i badania nad przyspieszającym postępem. Organizuje konferencję na temat przyspieszającego postępu na Stanford University i prowadzi edukacyjną stronę Acceleration Watch[27].

Teoretycznie technologiczna osobliwość może doprowadzić do szybkiego powstania

26 Raymond Kurzweil, „The Law of Accelerating Returns", Lifeboat Foundation 2001
27 http://www.accelerationwatch.com/

cywilizacji pierwszego stopnia w skali Kardasheva, czyli zdolnej wykorzystania zasobów całej swojej planety (stopień drugi - systemu planetarnego, stopień trzeci - całej galaktyki). W obecnym tempie nasza cywilizacja osiągnie współczynnik 0,7 w skali Kardasheva około roku 2040. Nastąpienie Osobliwości wcześniej znacznie przyspieszyłoby ten proces.

Interfejs mózg-komputer

Pierwsze komputery elektroniczne były stworzone specjalnie do wykonywania określonego typu obliczeń lub programowane za pomocą taśm perforowanych jak komputer Z3 Konrada Zuse z 1941 roku[28] czy komputery z serii Colossus. Taśmy i karty dziurkowane pojawiły się już w XVIII wieku, służyły wtedy do przechowywania wzorów tkanin wytwarzanych na krosnach tkackich. Pierwszymi komputerowymi terminalami były zaadaptowane dalekopisy. Program można też było wprowadzać za pomocą przełączników umieszczonych na przednim panelu, jak w komputerze Altair 8800 z 1975 roku. Wynik obliczeń odczytywano za pomocą 36ciu mrugających lampek. Altair miał możliwość podłączenia terminala (klawiatura i drukarka lub ekran) za pomocą karty rozszerzeń. Komputer ten uważa się za pierwszy komputer osobisty choć zmontowanie i uruchomienie go wymagało dużo większej wiedzy niż użytkowanie. Za wynalazcę myszy komputerowej uważa się Douglasa Engelbarta. W 1970 roku opatentował on urządzenie z dwoma metalowymi kołami w drewnianej obudowie. Urządzenie nazwano dwuwymiarowym wskaźnikiem pozycji (*X-Y position indicator for a display system)* jednak kabel wychodzący z tyłu nasuwał jednoznaczne skojarzenia z myszą. Przez pewien czas popularnością cieszyły się pióra świetlne działające na zasadzie pomiaru natężenia światła w punkcie przyłożenia do ekranu (urządzenie działało tylko z ekranami CRT ze względu na sposób odświeżania ekranu). Mysz upowszechniła się wraz z powstaniem graficznych interfejsów użytkownika. Jednym z pierwszych komputerów oferujących tak zwaną metaforę pulpitu był Xerox Alto[29]. Przez trzy dekady klawiatura i mysz powoli ewoluowały. Niektóre atawizmy możemy dziś dostrzec w postaci kilku klawiszy których funkcje zna dziś niewielu użytkowników. Przykładem jest Scroll Lock służący niegdyś do zmiany trybu pracy klawiszy strzałek, obecnie wykorzystywany w nielicznych aplikacjach. We wrześniu 2005 roku firma Nintendo zaprezentowała Wii Remote – kontroler konsoli Nintendo Wii wyposażony w czujnik ruchu, akcelerometr i sensor optyczny. Kontroler wyróżnia się tym, że zmusza użytkownika do ruchów wykraczających poza naciskanie przycisków przez co zwiększa stopień „zanurzenia" (*immersion*) w stworzonej przez grafików

28 http://pl.wikipedia.org/wiki/Z3
29 http://en.wikipedia.org/wiki/Xerox_Alto

i programistów rzeczywistości. Choć podobnych urządzeń było w przeszłości już wiele, to dzięki ugruntowanej pozycji rynkowej firmy Nintendo nowy kontroler osiągnął sprzedaż 350000 sztuk[30] i niestety przyczynił się do zniszczenia wielu domowych sprzętów przez zbyt żywiołowych graczy.

Interfejs mózg–komputer lub mózg–maszyna to bezpośredni kanał komunikacyjny między mózgiem, a urządzeniem elektronicznym. Badania nad interfejsem koncentrują się na wspomaganiu, wzmacnianiu bądź odbudowie ludzkich zdolności sensorycznych i motorycznych. Badania rozpoczęły się Uniwersytecie Kalifornijskim, a następnie były kontynuowane przez Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). Wtedy to po raz pierwszy użyto terminu brain-computer interface (BCI).
Od tego czasu odniesiono w tej dziedzinie wiele sukcesów. Jeden z eksperymentów mających doprowadzić do powstania interfejsu polega na wyświetlaniu przed oczami myszy laboratoryjnej wirtualnego otoczenia i analizowaniu impulsów generowanych w ośrodku ruchowym jej mózgu. Mysz chodzi po styropianowej kuli stanowiącej urządzenie wejściowe (*trackball*) komputera, który wyświetla wirtualne otoczenie. W czasie trwania symulacji porównuje się sygnały generowane przez mysz chodzącą po kuli z sygnałami powstającymi w jej mózgu[31]. O krok dalej są już naukowcy z Duke University Medical Center. Po wszczepieniu małpie elektrod do mózgu przez dwa lata analizowali odbierane przez nie sygnały. Zebrane dane posłużyły do przygotowania modelu matematycznego i programu, dzięki któremu małpa może poruszać ramieniem robota[32]. Te i podobne eksperymenty służą zrozumieniu zasady działania mózgu, a ich wyniki mają między innymi pomóc osobom sparaliżowanym w odzyskaniu sprawności.

W połowie lat 90tych powstały pierwsze neuroprotezy. Najbardziej rozpowszechnionym urządzeniem tego typu jest implant ślimakowy. Urządzenie składa się z części zewnętrznej – przetwarzającej sygnały akustyczne w sygnały elektryczne, oraz części wewnętrznej, umieszczonej w uchu wewnętrznym. Część wewnętrzna bezpośrednio pobudza nerw słuchowy impulsami elektrycznymi wywołując wrażenia słuchowe.

Jednym z najbardziej spektakularnych sukcesów inżynierii biomedycznej jest implant siatkówki przywracający wzrok chorym na retinopatię barwnikową i zwyrodnienie plamki żółtej. Na razie implant pozwala oglądać obrazy małej rozdzielczości (ostatni model ma

30 http://www.nintendo.com/wii
31 Christopher D. Harvey, David W. Tank, *Intracellular dynamics of hippocampal place cells during virtual navigation*, „Nature" 15 września 2009
32 http://www.pratt.duke.edu/news/?id=559

zaledwie 60 elektrod), jednak udowadnia wykonalność. Badania są prowadzone przez Bostońskie Centrum Medyczne i Szpital chorób narządu wzroku i słuchu w Massachusetts[33], niemiecką firmę Retina Implant AG[34] oraz japońskie laboratorium Shimizu i Yagi[35]

Implanty są też pomocne przy przywracaniu sprawności osobom po amputacjach. Za pierwszego cyborga uważa się Jessego Sullivana. W maju 2001 roku stracił on obie ręce w wyniku porażenia prądem. Siedem tygodni później otrzymał protezy sterowane impulsami z nerwów chirurgicznie poprowadzonych do klatki piersiowej (tak zwany zabieg reinerwacji). Sterowanie myślą umożliwia mu jednak tylko zginanie ręki w łokciu oraz otwieranie i zamykanie dłoni[36]. Drugą osobą, która przeszła zabieg reinerwacji jest Claudia Mitchell. Operacje przeprowadzono w Rehabilitation Institute of Chicago. Przed opracowaniem tej metody protezy kończyn były wprawiane w ruch za sprawą innych partii mięśni i dlatego ich ruchy były słabo skoordynowane.

Światową sławę zyskał także Kevin Warwick, brytyjski profesor cybernetyki, który w ramach eksperymentu poddał się operacji wszczepienia pod skórę na przedramieniu układu elektronicznego rejestrującego impulsy nerwowe. Dzięki temu układowi naukowiec może sterować ramieniem robota, a nawet odczuwać impulsy z czujników nacisku zainstalowanych na końcach palców manipulatora. Zasłynął on również wypowiedzią obrazującą możliwości współczesnych robotów: *Nasze roboty mają [inteligencję opowiadającą] od 50 do 100 komórkom mózgowym. Oznacza to, że są mniej więcej tak inteligentne jak ślimak lub fan Manchester United*[37]

Prawo Maes-Garreau

Prawo Maes-Garreau mówi, że najczęściej pojawiające się przewidywania dotyczące technologii przyszłości przypadają na punkt Maes-Garreau to jest najpóźniejszą przewidywaną zaistnienia przewidywanego zdarzenia, która mieści się w przewidywanym czasie życia osoby przewidującej.[38] Prawo sformułował redaktor magazynu Wired Kevin Kelly i nazwał je na cześć Pattie Maes[39] i Joela Garreau. Zauważyli oni, że ludzie mają tendencję do szacowania daty wydarzenia, które chcieliby zobaczyć w taki sposób, że mogliby dożyć tej daty. Prawo może wynikać z wrodzonej ciekawości lub marzeń o życiu

33 www.bostonretinalimplant.org
34 www.retina-implant.de
35 www.io.mei.titech.ac.jp/research/retina/
36 www.clickorlando.com/news/4643968/detail.html
37 Vincent F. Hendricks: "500 CC Computer Citations", King's College Publications, London 2005
38 http://www.kk.org/thetechnium/archives/2007/03/the_maesgarreau.php
39 http://web.media.mit.edu/~pattie/

wiecznym, jako że często jest przytaczane w kontekście technologii mind uploadingu. Szacowanie przez wiele osób daty nastąpienia Osobliwości na lata czterdzieste XXI nie oznacza więc, że szacunki te są bardziej trafne. Znaczy tylko tyle, że zapytane osoby chciałyby dożyć tego wydarzenia.

Pomimo licznych spekulowanych sposobów wzmacniania ludzkiej, to sztuczna inteligencja jest najpopularniejszą ścieżką dla podmiotów dążących do uzyskania Osobliwości. Robin Hanson wyraża się ze sceptycyzmem na temat wzmacniania inteligencji. Twierdzi, że po wyczerpaniu łatwych metod zwiększania ludzkiej inteligencji kolejne ulepszenia staną się coraz trudniejsze do osiągnięcia. Łatwe metody porównuje do „nisko wiszącego owocu".

Porównywanie maszyn obliczeniowych opartych na krzemie z ludzkim mózgiem zbudowanym z neuronów nie jest łatwe. Anthony Berglas zaznacza, że technologia komputerowego rozpoznawania mowy zbliża się do ludzkich możliwości, a umiejętność ta wymaga tylko 0,01% możliwości mózgu. Oznacza to, że współczesne komputery są zaledwie kilka rzędów wielkości w tyle za ludzkim mózgiem. Przy czym w każdej innej dziedzinie te kilka rzędów wielkości oznaczałoby ogromną przepaść, natomiast w informatyce jest to tylko niezbyt odległej przyszłości[40].

Dodatkowym czynnikiem potencjalnie przyspieszającym osiągnięcie Osobliwości jest powiększanie się grona naukowców pracujących nad nią, między innymi dzięki zwiększaniu się nakładów na naukę w krajach rozwijających się.

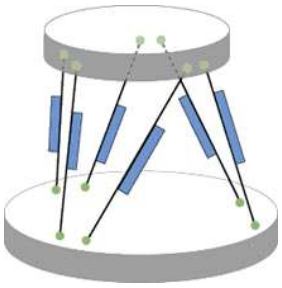
Wirtualna rzeczywistość

Stworzony z wykorzystaniem technologii informatycznej obraz rzeczywistości. Polega na dostarczaniu bodźców wzrokowych, słuchowych, dotykowych, zapachowych, smakowych oraz stymulowaniu błędnika w celu uzyskania wrażenia przebywania w otoczeniu innym niż w rzeczywistości się znajdujemy.

Za pierwsze próby stworzenia wirtualnej rzeczywistości można uznać prymitywne symulatory lotu do nauki korzystania ze wskaźników znajdujących się w kabinie[41]. Poruszanie drążkiem powodowało zmianę położenia trenażera i wskazań przyrządów. Z czasem symulatory wzbogacono o możliwość wyświetlania fragmentów terenu przy pomocy sterowanej przez pilota kamery skierowanej na mapę. W latach sześćdziesiątych XX wieku rozwój komputerów cyfrowych umożliwił generowanie obrazu w czasie rzeczywistym co znacznie zwiększyło potencjał symulatorów. W 1972 roku firma Singer-Link zaczęła stosować

40 Anthony Berglas, „Artificial Intelligence Will Kill Our Grandchildren", 22 lutego 2009
41 http://members.ziggo.nl/hjaspers000/

kolimatory w celu stworzenia złudzenia obrazu znajdującego się w dużej odległości od obserwatora, co znacznie zwiększyło realizm symulatorów lotu. Niestety przy zastosowaniu monitorów o polu widzenia zaledwie 28 stopni odtworzenie w miarę realistycznego kokpitu wymagało użycia kilku urządzeń. Współczesne symulatory lotnicze służące do szkolenia pilotów oferują sześć stopni swobody: przechylenie na boki (ang. *roll*), pochylenie do przodu lub do tyłu (*pitch*), odchylenie kierunku ruchu (*yaw*) służą odwzorowaniu położenia względem pionu natomiast ruch kabiny/fotela wzdłuż trzech osi układu współrzędnych symuluje przeciążenie.



Najczęściej stosuję się do tego platformę Stewarta, urządzenie hydrauliczne złożone z sześciu siłowników podtrzymujących ruchomą platformę. Wpompowywanie lub wypompowywanie płynu roboczego z poszczególnych siłowników powoduje przechył lub przemieszczenie platformy[42].

Wirtualna rzeczywistość to nie tylko symulatory obsługi pojazdów. Dzięki miniaturyzacji można obecnie symulować także inne czynności. Oto jakie postępy poczyniono w „oszukiwaniu" poszczególnych zmysłów.

Wzrok

Do wizualnej reprezentacji wirtualnego otoczenia stosuje się najczęściej monitory kineskopowe bądź ciekłokrystaliczne. W celu zwiększenia pola widzenia stosuje się także projektory cyfrowe zdolne wyświetlać obraz o przekątnej wielokrotnie większej niż największe monitory. Innym sposobem jest zastosowanie miniaturowego monitora z soczewką umożliwiającą umieszczenie go blisko oka podobnie jak w wizjerze kamery wideo bądź cyfrowego aparatu fotograficznego. Istnieje wiele sposobów uzyskania głębi obrazu.

Najprostszym i najstarszym jest zastosowanie kolorowych filtrów przesłaniających lewe i prawe oko (najczęściej odpowiednio koloru czerwonego i niebieskiego). Obrazy wygenerowane dla prawego i lewego oka różnią się, a mózg interpretuje różnicę w położeniu poszczególnych obiektów w poziomie jako ich odległość.

Lepszy efekt można osiągnąć stosując projektor wyposażony w filtry polaryzacyjne. Użytkownik zakłada okulary których szkła mają polaryzację różniąca się o 90 stopni. Płaszczyzny polaryzacji w okularze lewym i prawym są ustawione analogicznie do filtrów w projektorze, dzięki czemu do każdego oka dociera tylko jeden, przeznaczony dla niego obraz.

42 http://en.wikipedia.org/wiki/Stewart_platform

W efekcie jedno oko widzi obraz wyświetlany przez lewy projektor, a drugie przez prawy i do mózgu widza dociera obraz przestrzenny.

Innym sposobem jest wyświetlanie na ekranie na przemian obrazu dla prawego i lewego oka i równoczesne zasłanianie oka, dla którego aktualnie wyświetlany obraz nie jest przeznaczony przy pomocy migoczącego filtru opartego na technologii LCD. Migotanie filtrów w okularach jest zsynchronizowane ze źródłem obrazu (kartą graficzną) w ten sposób, że jest praktycznie niezauważalne. Monitory LCD wyświetlają obraz z częstotliwością 60Hz, co dla półobrazów daje odświeżanie 120Hz.

Generowanie obrazu w czasie rzeczywistym przebiega nieco inaczej niż generowanie nieruchomych obrazów czy animacji prerenderowanych. Renderowanie wymaga dużej mocy obliczeniowej. Współczesne karty graficzne są wyposażane w procesory bardziej złożone od głównych jednostek obliczeniowych. Na razie nie jest możliwe renderowanie obrazów fotorealistycznych w czasie rzeczywistym. Twórcy gier komputerowych stosują więc sztuczki programistyczne takie jak sortowanie obiektów trójwymiarowych w drzewo binarne[43] lub drzewo ósemkowe[44]. W skrócie zabiegi te mają na celu wyeliminowanie z procesu renderowania przedmiotów niewidocznych na ekranie w zależności od pozycji gracza w celu skrócenia czasu renderowania. Scena, która ma być wyświetlana w ten sposób wymaga przeprowadzenia na niej czasochłonnego procesu kompilacji lub optymalizacji jednak później jest wyświetlana znacznie sprawniej. Aby obraz był przestrzenny oprogramowanie musi być przystosowane do generowania dwóch obrazów z wirtualnych kamer oddalonych od siebie na odległość odpowiadającą rozstawowi oczu.

Słuch

Jeszcze kilka lat temu standardem był dźwięk stereo, obecnie coraz popularniejsze są zestawy głośników lub słuchawki w standardzie 5.1 obejmującym trzy głośniki przednie (lewy, centralny, prawy) dwa głośniki tylne (lewy, prawy) oraz głośnik niskotonowy (subwoofer) do odtwarzania dźwięków o częstotliwości 20-250Hz.

Dotyk

Najtrudniejsze i najkosztowniejsze jest symulowanie dotyku. Najczęściej stosowane są rękawice i całe kombinezony wyposażone w pompowane poduszki wywierające nacisk na skórę użytkownika. Najprostszym rozwiązaniem oferującym doznania dotykowe jest system force feedback często spotykany w gamepadach i joystickach. W urządzeniu są umieszczone silniki elektryczne uruchamiane w zależności od programu, na przykład w chwili uderzenia w

43 http://pl.wikipedia.org/wiki/Binary_Space_Partitioning
44 http://pl.wikipedia.org/wiki/Drzewo_ósemkowe

przeszkodę.

Interakcja z wirtualnym środowiskiem odbywa się przez wspomniane rękawice wyposażone w czujniki położenia, czujniki nacisku w podłożu lub w najprostszej wersji poprzez śledzenie ruchu przy pomocy kamery[45]. Do sterowania avatarem (wirtualną reprezentacją użytkownika) najczęściej używa się popularnych urządzeń wejściowych, opisanych wcześniej
(patrz strona 20).

Węch

W 2001 roku firma DigiScents wyprodukowała urządzenie emitujące zapachy przez rozpylanie kombinacji 128 składowych substancji zapachowych[46]. Urządzenie nie odniosło sukcesu na rynku jednak podobne rozwiązanie zastosowano później między innymi w symulatorze pola walki służącym do leczenia zespołu stresu pourazowego u żołnierzy powracających z misji bojowych oraz pacjentów z fobiami.

Smak

Na razie nie podejmuje się prób symulowania doznań smakowych. Zmysł smaku jest powiązany ze zmysłem węchu. U człowieka występuje pięć rodzajów kubków smakowych wykrywających poszczególne smaki: słodki, słony, kwaśny, gorzki oraz umami[47](kwas glutaminowy – składnik większości białek). Z racji iż prąd elektryczny pobudza kubki smakowe możliwe że uda się osiągnąć symulację zmysłu smaku bez użycia substancji smakowych, które trzeba by było co pewien czas uzupełniać jak w urządzeniu do symulacji węchu. Zmysł smaku ma niewielki wpływ na zwiększenie imersji, więc symulacja doznań smakowych prawdopodobnie zostanie opracowana jako ostatnia.

Równowaga

O ile wspomniana przy okazji symulatorów lotniczych platforma Stewarta nadaje się do symulacji pojazdu, to do oszukiwania błędnika w innych sytuacjach konieczne są inne rozwiązania sprowadzające się do zmiany orientacji ciała względem pionu lub stymulacji błędnika. Problem stwarza symulowanie stanu nieważkości, gdyż na razie jest możliwe tylko w wieży spadku swobodnego bądź samolocie poruszającym się po torze parabolicznym.

Początkowo system umożliwiający doświadczenie rzeczywistości wirtualnej wielu użytkownikom określano mianem cyberprzestrzeni. Obecnie jednak słowo to oznacza ogół mediów cyfrowych jako przestrzeń społeczną w której w pewnym sensie spotykają się użytkownicy technologii informatycznych. Ogromny potencjał leżący w systemach wirtualnej rzeczywistości będzie odkrywany wraz z rozwojem interfejsu mózg-komputer dzięki któremu

45 Sony PlayStation Eye, Xbox Live Vision
46 http://www.pcworld.com/article/125772-6/the_25_worst_tech_products_of_all_time.html
47 http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11917125?dopt=Abstract

będzie możliwe wyeliminowanie wielu niewygodnych urządzeń służących oszukiwaniu narządów zmysłów

Inne ważne programy badawcze

Kontrolowana reakcja termojądrowa

Synteza to zjawisko polegające na złączeniu dwóch lżejszych jąder atomowych w jedno cięższe. W wyniku reakcji mogą powstawać oprócz nowych jąder także wolne neutrony, protony, inne cząstki elementarne i cząstki alfa. W wyniku reakcji egzotermicznej wydzielona energia kinetyczna produktów i promieniowanie gamma zostają rozproszone na otoczenie i przekształcają się w energię cieplną. Energię otrzymywaną w reakcji można wyznaczyć bez przeprowadzania reakcji na podstawie deficytu masy, to jest różnicy mas składników i produktów reakcji. Jądra atomowe obdarzone dodatnim ładunkiem elektrycznym odpychają się wzajemnie. Aby doszło do ich połączenia muszą zbliżyć się na odległość w jakiej siły oddziaływań jądrowych (przyciągania) przewyższają odpychanie elektrostatyczne cząstek o tym samym ładunku. Niezbędnym warunkiem do tego jest odpowiednia prędkość jąder przekładająca się na energię kinetyczną. Wysoką energię jąder osiąga się przez podgrzanie do wysokich temperatur bądź rozpędzenie ich w akceleratorze cząstek.

Najbardziej obiecującym projektem dotyczącym wytwarzania anergii z reakcji termojądrowej jest ITER - International Thermonuclear Experimental Reactor. W 2011 roku w Cadarache we Francji ruszy budowa tokomaku o średnicy 19.4 metra i wysokości 11.3 metra. Tokomak to komora w kształcie torusa służąca do uwięzienia plazmy przy pomocy pola magnetycznego. Istnieją także inne podejścia do problemu jak inercyjne uwięzienie (inertial confinement fusion) czy reaktory typu polywell.[48] Jeśli program odniesie sukces to uzyskamy praktycznie nieograniczone źródło prawie darmowej energii, a sytuacja na rynku paliw ulegnie diametralnej zmianie.

Wielki zderzacz hadronów

Large Hadron Collider (LHC) to obecnie największy akcelerator cząstek na świecie. Może zderzać wiązki protonów z energią 7 teraelektronowoltów lub jądra atomów ołowiu z energią teraelektronowoltów na cząstkę. Jeden elektronowolt to energia jaką posiada elektron, gdy jest przyspieszony różnicą potencjałów 1 volt. Eksperymenty przeprowadzane przy użyciu LHC mają za zadanie dowieść lub zaprzeczyć istnieniu bozonu Higgsa, sprawdzić czy wszystkie znane cząstki elementarne mają odpowiadające im cząstki supersymetryczne,

48 http://www.efda.org/downloads_divers/ppcs.pdf

dowieść istnienia dodatkowych wymiarów.

Bozon Higgsa, nazywany także „boską cząstką", to hipotetyczna cząstka elementarna, która istniała przez bardzo krótki czas (około 10 sekund) od Wielkiego Wybuchu i dała początek całej materii wszechświata.

Cząstka supersymetryczna to cząstka różniąca się o połowę jednostki spinu od cząstki danej. Na przykład cząstką supersymetryczną elektronu jest selektron, a fotonu fotino.

Udowodnienie istnienia dodatkowych wymiarów (*extra dimensions*) może całkowicie zmienić nasz sposób postrzegania świata. Długość, szerokość i wysokość składają się na przestrzeń trójwymiarową. Jeśli weźmiemy pod uwagę także czas to możemy mówić o czasoprzestrzeni. Prawa rządzące czasoprzestrzenią opisuje teoria względności. O jej słuszności świadczy między innymi szereg eksperymentów polegających na pomiarze różnic czasów wskazywanych przez zegary poruszające się względem siebie z dużą prędkością. Pierwsze eksperymenty przeprowadzono w latach siedemdziesiątych umieszczając cezowe zegary atomowe na pokładzie pasażerskich odrzutowców, by potem zmierzyć różnicę czasu w stosunku do zegara stacjonarnego[49]. Najbardziej zaawansowanym eksperymentem tego typu jest Atomic Clock Ensemble in Space przygotowywany przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA)[50]. Dylatacja czasu ma wpływ na działanie globalnego systemu pozycjonowania (GPS). Aby wyobrazić sobie inne niż długość, szerokość, wysokość i czas wymiary najlepiej jest zastosować analogię do przestrzeni o jeden wymiar mniejszej.

Jeśli wyobrazimy sobie istoty żyjące w przestrzeni (właściwie płaszczyźnie), na którą składają się tylko dwa wymiary to głębia byłaby dla tych istot pojęciem abstrakcyjnym. Hipotetyczny organizm zamieszkujący przestrzeń dwuwymiarową mógłby postrzegać człowieka jako jego dwuwymiarowy przekrój przez płaszczyznę, którą sam zamieszkuje. Człowiek zamieszkujący przestrzeń trójwymiarową widzi innych ludzi tylko tak jak wyglądają w momencie obserwacji. Istota żyjąca w przestrzeni czterowymiarowej „widziałaby" człowieka przez całe jego życie we wszystkich stadiach wzrostu „jednocześnie".

Piąty wymiar z kolei to zbiór wszystkich możliwych wyborów jakie mogliśmy podjąć przez całe życie. Istota zamieszkująca przestrzeń pięciowymiarową widziałaby człowieka jako „drzewo" wszystkich ścieżek jakie mógł przebyć.

Rob Bryanton w książce „Imagining the Tenth Dimension" szczegółowo opisuje serię eksperymentów myślowych ułatwiających wyobrażenie sobie kolejno dziesięciu wymiarów,

49 J. C. Hafele, Richard E. Keating, *Around the world atomic clocks*, „Science" 177 (4044) 14 lipca 1972
50 http://www.spaceflight.esa.int/projects/index.cfm?act=default.page&page=829

oraz możliwości jakie uzyskujemy opanowując umiejętność przemieszczania się w tych wymiarach[51]. Z kolei według teorii strun istnieje aż 26 wymiarów.

Oprócz odkryć dokonanych dzięki LHC, projekt przyczyni się także pośrednio do rozwoju technologii informatycznych. Detektory cząstek generują około 100 terabajtów danych na sekundę w czasie trwania eksperymentu (15 petabajtów danych na rok). Wymaga to zaprojektowania i zbudowania sieci komputerowej zdolnej przyjąć i przetworzyć tę ilość informacji. Część zadania będzie realizowana przez system obliczeń rozproszonych HLC at home[52].

Aspekty ekonomiczne

Znaczne zmiany w tempie wzrostu gospodarki miały już miejsce w przeszłości z powodu technologicznych ulepszeń. W stosunku do populacji dochód gospodarki podwajał się co około 150000 lat od Paleolitu do rewolucji neolitycznej. Gospodarka oparta na rolnictwie i hodowli podwajała się co 900 lat. Obecnie, począwszy od rewolucji przemysłowej produkcja podwaja się co piętnaście lat, czyli 60 razy częściej niż w przypadku gospodarki rolniczej. Powstanie nadludzkiej inteligencji wywoła podobne zmiany. Można oczekiwać, że podwojenie wartości produkcji będzie następowało co kwartał, a może nawet co tydzień.

Wprowadzenie maszyn mogących wykonywać większość prac fizycznych i umysłowych spowoduje wzrost płac w tych obszarach, w których ludzie ciągle będą radzić sobie lepiej. Wzrost liczebności humanoidalnych maszyn wywoła sieciowy spadek płac, gdyż ludzie będą konkurować z maszynami o pracę. Ponadto bogactwo płynące z Osobliwości może zostać skoncentrowane w rękach nielicznej grupy. Będą nimi osoby posiadające możliwość masowej produkcji zrobotyzowanej siły roboczej. Z drugiej strony każdy skorzysta w wyniku radykalnej obniżki cen dóbr i usług. Opiszę teraz najważniejsze momenty zwrotne i wynalazki w historii cywilizacji pod względem wzrostu produkcji i polepszenie jakości życia.

Rozpalanie ognia

Ślady paleniska znalezione w Gesher Benot Ya'aquov w Izraelu dowodzą, że homo erectus opanował umiejętność rozpalania ognia 790 tysięcy lat temu. Wysoka temperatura powoduje rozpad cząsteczek skrobi i białek dzięki czemu pokarm staje się łatwiejszy do strawienia. Strawienie go wymaga mniejszego nakładu energii. W ramach Projektu Gissen przebadano 513 osób żywiących się w 70 procentach potrawami nieprzetworzonymi termicznie. Spadek

51 Rob Bryanton, „Imagining the Tenth Dimension”, Talking Dog Studios 2006
52 http://lhcathome.cern.ch/

wagi tych osób względem grupy kontrolnej wynosił średnio 10kg. Choć wchłaniali tę samą ilość kalorii to ich organizmy musiały zainwestować więcej energii w trawienie. Eksperyment dowiódł że człowiek w toku ewolucji przystosował się do pokarmów termicznie przetwarzanych[53].

Rewolucja neolityczna

Od początku istnienia ludzkości aż do końca mezolitu czyli 11000 lat p.n.e. jedyną formą gospodarki ludzkiej było łowiectwo i zbieractwo. Pierwsi łowcy-zbieracze żyli na otwartej przestrzeni i żywili się jadalnymi roślinami i mięsem zwierząt padłych lub upolowanych przez drapieżniki nie podejmując się hodowli czy rolnictwa. Przejście do gospodarki rolniczej nastąpiło niezależnie w wielu miejscach na świecie. Najpierw na wyspach Melanezji, najpóźniej 2500 lat p.n.e. w Afryce Subsaharyjskiej. Pierwszymi udomowionymi zwierzętami były owce i świnie, wynalezione zostały siekierka krzemienna, łuk i czółno. Ludzie zaczęli zakładać tymczasowe osady i uprawiać rośliny charakterystyczne dla zamieszkiwanego regionu.

Rewolucja agrarna

Proces przemian rolnictwa feudalnego w rolnictwo nowoczesne, odbywający się od XVI do XVII wieku, który doprowadził do dwukrotnego zwiększenia produkcji żywności. Jej nadwyżki przyniosły dodatkowy dochód. Nastąpiła specjalizacja pasterstwa, a duże gospodarstwa rolne zaczęły zaopatrywać rozwijające się miasta. Pojawiły się innowacyjne narzędzia rolnicze, płodozmian i hodowla lepszych ras bydła. Doszło do migracji ludności wiejskiej nie posiadającej gruntów do miast, gdzie migrujący stawali się tanią siłą roboczą w zakładach rzemieślniczych i manufakturach.

Rewolucja przemysłowa

Mianem rewolucji przemysłowej określa się ogół zmian społecznych, ekonomicznych i politycznych zapoczątkowanych na przełomie XVIII i XIX wieku w Anglii. Nastąpiło wtedy przejście z produkcji rzemieślniczej i manufakturowej na produkcję fabryczną. Przyczynami rewolucji przemysłowej były eksplozja demograficzna, rewolucja agrarna oraz wynalezienie maszyny parowej, która w połączeniu z przędzarką znacznie zwiększyła wydajność zakładów przędzalniczych. Upowszechnienie się maszyn parowych zwiększyło zapotrzebowanie na węgiel co spowodowało wzrost znaczenia górnictwa i hutnictwa. Wynalezienie krosna tkackiego w 1785 roku spowodowało czterdziestokrotny wzrost wydajności w tkactwie. Rozwój przemysłu pociągną za sobą rozwój transportu. W 1803 roku powstał pierwszy statek parowy i parowóz. Wiek XIX określa się często jako „wiek pary".

53 Richard Wrangham, *Homo Kucharz*, tygodnik „Polityka" Nr 48 (2733) 28 listopada 2009

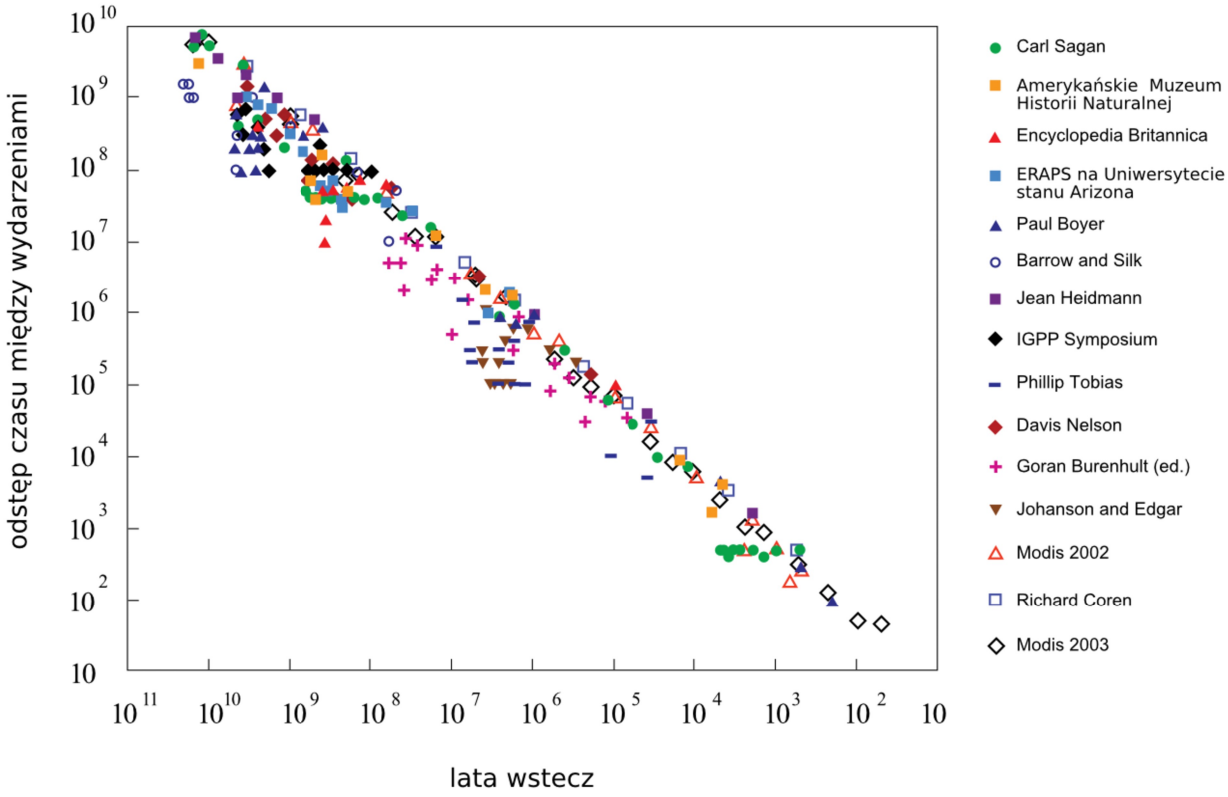
Choć pierwszym urządzeniem parowym była bania Herona (*aeolpila*) z 1 r. p.n.e. to została ona potraktowana raczej jako ciekawostka i nie znalazła praktycznego zastosowania. Szansę na stanie się koniem pociągowym rewolucji miał silnik na ogrzane powietrze z 1816 roku pomysłu pastora Roberta Stirlinga[54] jednak nie dysponował wystarczającym momentem obrotowym i wymagał dużej precyzji wykonania.

Rewolucja przemysłowa zapoczątkowała masową produkcję dóbr. Wyższość produkcji masowej wynika między innymi z tego, że robotnik pracujący w dużej fabryce nie musi przemieszczać się między różnymi stanowiskami jak rzemieślnik pracujący sam. Może też opanować do perfekcji jedną czynność nie musząc się uczyć wszystkich czynności składających się na proces produkcji. Produkcja masowa ma też swoje wady: produkty schodzące z linii produkcyjnej są podobne lub identyczne, a wprowadzenie zróżnicowania komplikuje proces produkcyjny. Organizację produkcji nastawioną na masowego odbiorcę charakteryzującą się dystrybucją standardowych wyrobów określa się często jako „fordyzm" od Henrego Forda, który jako pierwszy zastosował linię produkcyjną w przemyśle motoryzacyjnym[55]. Następstwem fordyzmu jest „postfordyzm" czyli system produkcji i sposób konsumpcji, w którym mamy do czynienia z produktem bardziej dostosowanym do potrzeb indywidualnego konsumenta.

Tworzywa sztuczne

Pierwszym wytworzonym przez człowieka tworzywem sztucznym był celuloid wynaleziony przez Aleksandra Parkesa w 1856 roku[56]. Po pierwszej wojnie światowej doszło do odkryć w dziedzinie chemii które pozwoliły na rozkwit branży i powstanie niezliczonej ilości tworzyw sztucznych. Ich wynalezienie diametralnie zmieniło sposób wytwarzania drobnych przedmiotów znacznie zmniejszając pracochłonność. Od tej pory proporcjonalnie największą część procesu produkcyjnego zajmował montaż - uległy zmianie ścieżki krytyczne procesów produkcyjnych. Upowszechniły się jednorazowe przedmioty codziennego użytku, co spowodowało wzrost ilości wytwarzanych odpadów.

54 http://www.stirling.fc.pl/
55 Henry Ford, „My Life and Work", Project Gutenberg 2001
56 http://www.websters-online-dictionary.org/ce/celluloid.html



Odstępy czasu między kluczowymi dla ludzkości odkryciami systematycznie maleją.
źródło: Ray Kurzweil, „The Singularity is near", wydawnictwo Penguin Group 2005

Wszystkie te odkrycia wywarły ogromny wpływ na cywilizację, zmieniły styl życia, sposób myślenia. Masowa produkcja żywności i innych dóbr materialnych oraz rozbudowa infrastruktury doprowadziły do ograniczenia samowystarczalności gospodarstw domowych.

Praca

Jednym z oczekiwanych przejawów Technologicznej Osobliwości jest zastąpienie całej pracy ludzkiej przez pracę maszyn. Z mechanizacją mamy do czynienia już od dawna. Istnieje wiele maszyn, których nie nazwalibyśmy robotami, ale wyręczają człowieka w wykonywaniu pracy (według definicji fizycznej). Do maszyn tych zaliczamy na przykład: dźwig budowlany, koparkę czy harvester (pojazd do ścinki drzew). Cechą wspólną tych maszyn jest to, że są one sterowane przez operatora i wykonują pracę, której operator nie mógłby wykonać siłą własnych mięśni w porównywalnym czasie. Robotyzacja z kolei oznacza wyręczanie człowieka w pracach, które mógłby wykonywać siłą mięśni. Przykładami robotyzacji są: robot chirurgiczny, zdalnie sterowany miniaturowy robot do rozbrajania ładunków wybuchowych. Robot chirurgiczny ułatwia dostęp do miejsc niedostępnych dla rąk chirurga, a

robot neutralizująco-wspomagający zmniejsza ryzyko jakie ponosi saper. Automatyka jest dziedziną nauki zajmującą się matematycznym opisem rzeczywistych obiektów oraz badaniem właściwości tych obiektów. Współczesna automatyka jest integralną częścią większości procesów technologicznych. Automatyzacja oznacza wprowadzanie metod ograniczających ingerencję operatora. Automatyka wraz z robotyką znacznie zwiększają wydajność zakładów produkcyjnych względem ilości zatrudnianych pracowników. Na zautomatyzowanej linii produkcyjnej rola operatora sprowadza się do inicjowania procesu (na przykład włączenie obrabiarki numerycznej) oraz nadzoru nad jego przebiegiem. Jeśli w przyszłości miałoby nastąpić wyeliminowanie czynnika ludzkiego we wszelkich pracach fizycznych to musiałyby powstać autonomiczne roboty serwisujące maszyny programowalne. Fakt powstania superinteligencji nie jest równoznaczny z wyposażaniem w nią każdej maszyny. Robot nie może na razie zastąpić mechanika samochodowego czy lekarza bo nie jest w stanie dostrzec nieprawidłowości i odpowiednio na nie zareagować. Kiedy to nastąpi roboty nie będą już tylko jednoramiennymi manipulatorami ustawionymi w rzędzie wzdłuż linii produkcyjnej, ale przybiorą wszelkie kształty i rozmiary dostosowane do czynności jakie mają wykonywać. Ciało ludzkie przybrało obecny kształt w toku ewolucji i sprawdza się w wielu różnych dziedzinach. Robot stworzony do jednego zadania będzie miał kształt odpowiedni do tego zadania i ewentualnie zadań zbliżonych gdyby zaszła taka potrzeba: do montowania samochodów najlepiej nadaje się trzymetrowe ramię ze spawarką, szlifierką i wkrętakiem, do sprzątania mieszkania miniaturowy pojazd z odkurzaczem, do pokonywania schodów robot kroczący, a do fotografii lotniczej latający. Roboty humanoidalne może i dobrze wyglądają na ekranie, ale nie będą stosowane do większości zadań, a jedynie do tych, w których taki wygląd jest potrzebny. Przykładem są czynności wymagające interakcji z człowiekiem. Stworzenie robota dostosowanego do odpowiedniego zadania nie stanowi już problemu. Powstają już dwunożne roboty kroczące, roboty przemysłowe sortujące i montujące drobne urządzenia z prędkością wielokrotnie przewyższającą człowieka, manipulatory tak zręczne, że mogą przygotowywać potrawy czy grać na fortepianie. Problemem jest to, że nie wszystkie czynności da się wykonywać według programu i wskazań kilku czujników. Do zadań niestandardowych jak naprawa samochodu wymagająca przeprowadzenia diagnostyki czy opieka nad osobami starszymi wymagająca interakcji i stałej obserwacji.

Podział na pracę fizyczną i umysłową jest nieścisły. Każda praca fizyczna wymaga od czasu do czasu podjęcia jakiejś decyzji, a praca umysłowa fizycznej manipulacji. Załóżmy, że

metody sztucznej inteligencji będą się rozwijać stopniowo: od umiejętności gry w kółko i krzyżyk, przez rozpoznawanie i klasyfikowanie kształtów do bardziej skomplikowanych problemów. Ludzie będą wtedy sukcesywnie wypierani ze stanowisk, na których będzie sobie mogła samodzielnie poradzić maszyna lub program. Jednak o zastąpieniu pracownika maszyną zadecyduje także czynnik ekonomiczny. Maszynę będzie można wprowadzić tylko tam, gdzie jej zakup i serwisowanie będą bardziej opłacalne w porównaniu z zatrudnieniem pracownika. W miarę spadku kosztów wytworzenia maszyny będzie to opłacalne w coraz większej ilości przypadków. Tendencja będzie trwała aż do momentu kiedy maszyny będą wytwarzać maszyny i nie będą wymagały serwisu ani nadzoru. Wtedy koszt wytworzenia zrówna się z kosztem surowca (patrz strona 55).

W Stanach zjednoczonych do rangi symbolu urosła postać robotnika Johna Williama Henry'ego, który w latach siedemdziesiątych XIX wieku wziął udział wyścigu z młotem parowym. John Henry był szybszy od maszyny ale po wykonaniu wyznaczonego zadania zmarł z wyczerpania. Zdarzenie nie zostało dobrze udokumentowane i nie są znane jego szczegóły (według różnych wersji mógł on być czarnoskórym niewolnikiem lub więźniem), ale John Henry stał się personifikacją postawy oporu przed postępem[57].

Najlepiej obecną sytuację na rynku pracy podsumował profesor Bogusław Wolniewicz w rozmowie z dziennikarzem telewizji polskiej: *Nowoczesne technologie są mało pracochłonne i wobec tego one stwarzają mało miejsc pracy i powstaje olbrzymi problem jak zatrudnić, czy w każdym razie dać ludziom to podstawowe źródło sensu życia jakim była praca i satysfakcja z dobrze wykonywanej pracy*[58]. Innymi słowy: jeśli w gospodarstwie rolnym przy żniwach pracowało 50 kosiarzy, a właściciel postanowił kupić kombajn, to dla 49 osób nie będzie już pracy w czasie żniw. Z pola o tej samej powierzchni nie da się dzięki mechanizacji zebrać większych plonów, ale można to zrobić szybciej. Naturalną koleją rzeczy jest zanikanie zawodów których zakres obowiązków może być obsługiwany z nieporównywalnie mniejszym nakładem pracy. Przykłady zawodów które obecnie zostały całkowicie wyeliminowane dzięki wprowadzeniu technologii obejmujących ich zakres obowiązków: operator centrali telefonicznej, telegrafista, latarnik, windziarz, skryba/skryptor/kopista, zecer. Zupełnie inną kategorię stanowią zawody, które dzięki technologii powstały i dla technologii istnieją: monter telewizji kablowej/satelitarnej, operator call center, administrator sieci, webmaster, programista, pozycjoner.

57 William Grimes, *Taking Swings at a Myth, With John Henry the Man*, „New York Times" 18 października 2006
58 Bogusław Wolniewicz o studiach wyższych w TVP "Ring"

W Polsce osoby poniżej 25 roku życia zmieniają pracodawcę średnio co 14 miesięcy. Osoby w wieku od 25 do 35 lat zmieniają pracę niemal co 4 lata. Z wiekiem przywiązanie do pracodawcy zdaje się rosnąć. Osoby w wieku powyżej 35 lat zmieniają pracodawcę co 9 lat[59]. Pytanie jakie zadaje sobie młody człowiek wybierając ścieżkę edukacji powinno więc brzmieć „jakie zawody powstaną w najbliższej przyszłości i jak duże będzie zapotrzebowanie na pracowników w tych zawodach?".

Praca jest jedną z metod zdobywania środków służących do realizacji potrzeb. *Jedną z metod* ponieważ środki te można też na przykład ukraść lub uzyskiwać w sposób nie wymagający wysiłku fizycznego ani umysłowego: spadek, renta, odszkodowanie, utrzymanie się na koszt innych osób. Celowo też użyłem słowa *środków* ponieważ na przykład telefon lub samochód firmowy służą realizacji potrzeb pracownika także gdy nie rozlicza się z nich przy użyciu konkretnej waluty. Potrzeby człowieka można podzielić według ważności na:

a) fizjologiczne: Kiedy nie są zaspokajane, wszystkie pozostałe potrzeby schodzą na drugi plan.

b) bezpieczeństwa: Motywują do działania, zapewniają nienaruszalność, wymagają większych nakładów niż potrzeby fizjologiczne.

c) miłości i przynależności: Wynikają ze stadnej natury człowieka. Przejawiają się usiłowaniem przezwyciężenia samotności, wyobcowania. Miłość prowadzi do powstawania długotrwałych związków mających na celu ułatwienie wychowania potomstwa.

d) szacunku i uznania: Dążenie do osiągnięcia wysokiego statusu społecznego, sławy, dominacji, przyciągnięcia uwagi. Realizowane między innymi przez gromadzenie dóbr materialnych (patrz strona 36).

e) samorealizacji: Dążenie do własnego rozwoju. Stanowią środek do zaspokajania potrzeb fizjologicznych lub reakcję kompensującą niemożność zaspokojenia innych potrzeb. Dzielą się na estetyczne (potrzeba ładu i piękna) oraz poznawcze (potrzeba zdobywania wiedzy, rozumienia, odkrywania).

W miarę rozwoju ludzkości zaspokajanie kolejnych rodzajów potrzeb przychodzi z coraz większą łatwością dzięki infrastrukturze (rurociąg zamiast wiadra), organizacji (opłacany z podatków policjant zamiast miecza pod poduszką), komunikacji (krótka przejażdżka autobusem zamiast wielodniowego marszu). Należy więc przypuszczać, że tendencja ta się

59 www.rynekpracy.pl

utrzyma i z biegiem czasu ludzie będą mogli skoncentrować się na potrzebach wyższego rzędu podczas gdy potrzeby niższego rzędu będą wymagały coraz mniej czasu i wysiłku. Niestety taka tendencja prowadzi często do wypaczeń:

Nadmierne korzystanie ze środków transportu jest jedną z przyczyn otyłości. Za choroby cywilizacyjne uważa się także cukrzycę, nadciśnienie tętnicze i chorobę wieńcową. Niepokojem napawa wizja opracowania androidów niemożliwych do odróżnienia od człowieka lub systemu wirtualnej rzeczywistości obejmującego wszystkie zmysły. Kiedy maszyny będą zdolne do zaspokajania potrzeb, do których dziś potrzebujemy kontaktu ze społeczeństwem możemy być świadkami upadku cywilizacji. Ludzie stracą motywację do działań, które zapewniały im: poczucie wartości, szacunek, powodzenie u płci przeciwnej, gdy uzyskanie substytutu nie będzie wymagało wysiłku.

Mianem pokazowej konsumpcji (conspicuous consumption) określa się wydatki na dobra i usługi służące głównie zademonstrowaniu wysokiego dochodu i zgromadzonego bogactwa. W mniemaniu konsumenta ma ona uzyskaniu bądź utrzymaniu wysokiego statusu społecznego. Podobne zachowania są znane w Stanach Zjednoczonych jako dotrzymywanie tempa sąsiadom (*keeping up with the Joneses*). Jednym z motywów pokazowej konsumpcji jest wywołanie zazdrości u obserwatora (*invidious consumption*). Terminu „pokazowa konsumpcja" użył jako pierwszy Thorstein Veblen[60] w odniesieniu do zachowań nowobogackich (*nouveau riche*) – warstwy społecznej pojawiającej się w XIX wieku w wyniku akumulacji kapitału podczas drugiej rewolucji przemysłowej.

Amerykański ekolog Garrett Hardin dowiódł, że nie da się efektywnie zarządzać dobrem wspólnym, bo ludzie w swym wrodzonym egoizmie zawsze dążą do zagrabienia jak największej części wspólnej własności, w końcu doprowadzając do jego zagłady. Rozwiązaniem jest według niego sprywatyzowanie dóbr publicznych. Prywatni właściciele dopilnują by ich własność prosperowała bo leży to w ich egoistycznym interesie[61]. Dlatego właśnie komunizm się nie przyjął. Kapitalizm jest lepiej dopasowany do natury człowieka, czy też dopasowany do natury większości ludzi. Komunistyczne hasło „każdemu według jego potrzeb" kłóci się z hierarchią potrzeb według której dobra materialne służą często zdobyciu prestiżu i podkreśleniu statusu społecznego. Luksusowy samochód lepiej przyciąga uwagę niż samochód odpowiadający naszym potrzebom.

Amerykański futurysta Jacque Fresco twierdzi, że współczesna gospodarka oparta na

60 Thorstein Veblen, „The Theory of the Leisure Class", 1899
61 Garrett Hardin, *Tragedy of the Commons*, „Science" 1967

rzadkości dóbr i umownych środkach płatności, zostanie zastąpiona gospodarką opartą na zasobach naturalnych. Na świecie jest na tyle surowców naturalnych i energii by zaspokoić potrzeby globalnej populacji nawet z nadwyżką. Na poparcie swojej tezy daje przykład amerykańskiego przemysłu zbrojeniowego z czasów II wojny światowej zdolnego wyprodukować 90 tysięcy samolotów bojowych rocznie pomimo że przed wojną kraj było stać kraj na posiadanie 600 sztuk. Przed wojną pytanie brzmiało: *Czy mamy na tyle funduszy by wyprodukować tyle sprzętu*? Odpowiedź brzmiała: *Nie – nie mamy na tyle złota, ale mamy wszystkie surowce potrzebne do produkcji*. To dostępność surowców zadecydowała o wysokiej produkcji i wydajności potrzebnych do wygrania wojny. Udało się to między innymi dzięki emisji obligacji wojennych (*war bonds*). Obligacje generują kapitał dla rządów i pozwalają kontrolować inflację w warunkach gospodarki nadmiernie pobudzonej produkcją zbrojeniową. Niestety czasy pokoju rządzą się pod tym względem innymi prawami[62].

Hierarchia potrzeb według Abrahama Maslowa
źródło: Michael Armstrong, Zarządzanie zasobami ludzkimi, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2005

62 http://www.thevenusproject.com/

Podaż pieniądza

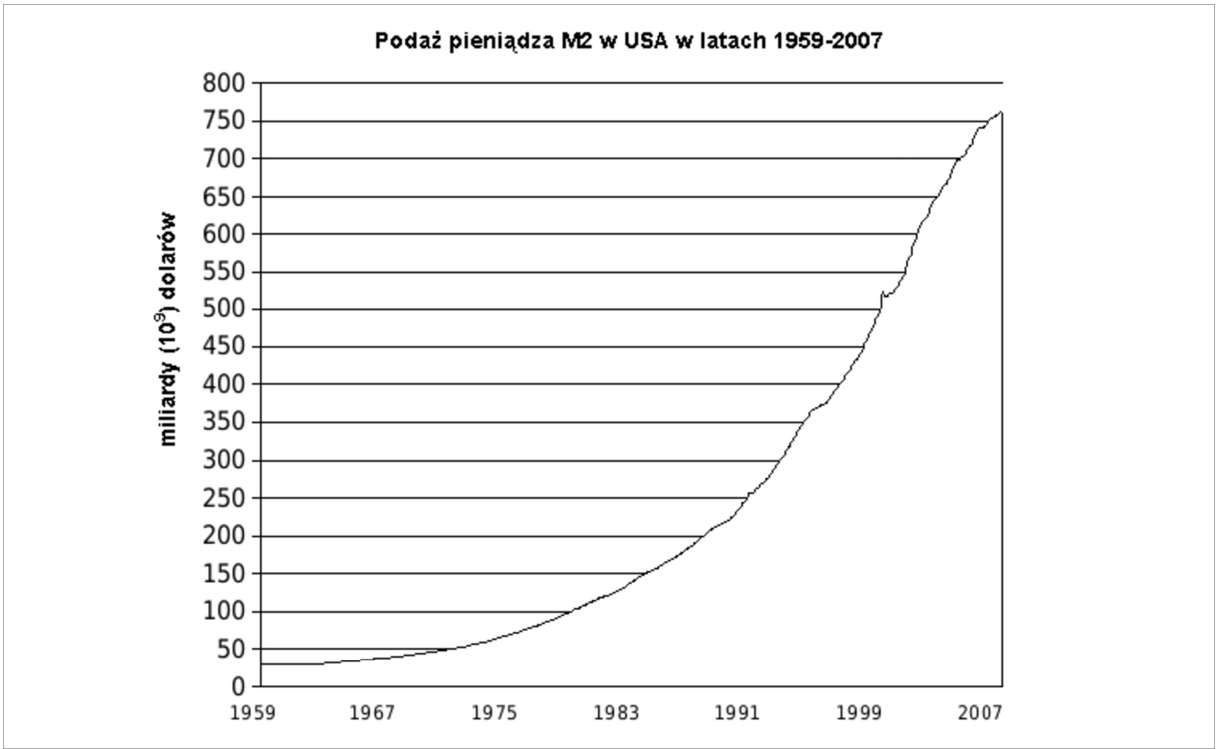
W rozprawie "Sposób bicia monety" (*Monetae cudendae ratio*) z 1526 roku Mikołaj Kopernik wymienia cztery największe klęski, przez które upadają państwa, monarchie i republiki. Są to: niezgoda, śmiertelność, niepłodność ziemi i spodlenie monety. Kopernik był w tym czasie administratorem kapituły warmińskiej - miał bezpośredni kontakt z zagadnieniami gospodarczymi. Obserwował zjawisko „psucia" pieniądza i wzrostu cen, a w szczególności bezpośrednio dotyczący go spadek wartości wpływów z dzierżawy gruntów należących do kapituły. Pieniądz ma według Kopernika następujące funkcje: pośredniczy w wymianie, jest miernikiem wartości, środkiem płatniczym. Aby spełniać te funkcje w sposób oczekiwany, pieniądz sam sobie musi być wartością - powinien być wykonany z metalu szlachetnego. Siła nabywcza zależy przede wszystkim od ilości zawartego w niej srebra i złota. Ceny towarów są proporcjonalne do zawartości kruszcu w monecie dlatego nie można zmieniać jej wartości. Powinna być cały czas „zdrowa". Wyrażając swój pogląd Kopernik sprzeciwił się często stosowanym przez władców praktykom polegającym na zmniejszaniu zawartości kruszcu. Dodatkowo twierdził, że osoba upoważniona do emisji pieniądza nie powinna osiągać z tego tytułu żadnej korzyści finansowej. „spodlenie" pieniądza według Kopernika prowadzi do tego co obecnie nazywamy inflacją.[63]

Do roku 1861 na awersie każdego banknotu dolara amerykańskiego wydrukowane było zobowiązanie *Na żądanie Stany Zjednoczone zobowiązują się wypłacić okazicielowi [w złocie] kwotę równą nominałowi*. Wraz z emisją nowego rodzaju dolara (*United States Note*) zastąpiono je zdaniem *Ten banknot jest prawnym środkiem płatniczym*[64]

Cztery wieki po opublikowaniu rozprawy Kopernika, na mocy ustawy o rezerwach federalnych z dnia 23 grudnia 1913 powstał system rezerwy federalnej Stanów Zjednoczonych, a dolar amerykański stał się pieniądzem fiducjarnym. Emitent nie jest już zobowiązany do wymiany banknotów na złoto, srebro czy inne płacidło (przedmiot pełniący funkcję pieniądza). Ponadto stałe zwiększanie podaży pieniądza prowadzi do stanu w którym zgromadzony kapitał traci na wartości (z czasem stanowi coraz mniejszy ułamek pieniądza w obiegu), natomiast majątek emitenta w postaci dóbr materialnych rośnie[65]. Najbardziej radykalni krytycy systemu rezerw federalnych przyrównują ten stan rzeczy do niewolnictwa. Obywatel zarobione pieniądze wydaje nie tylko na dobra i usługi które sam wybiera, ale także towary kupowane przez rząd za pieniądze dodatkowo wyemitowane w postaci banknotów czy też za pomocą przelewów elektronicznych.

63 http://www.nbportal.pl/pl/np/bloki/gospodarka/historia_ekonomii_05
64 http://www.ustreas.gov/education/faq/currency/legal-tender.shtml
65 David Begg, „Makroekonomia", PWE, Warszawa 2003

Nie należy przypisywać drogocennemu kruszcowi nieprzemijającej wartości. W 1972 roku radzieccy fizycy z ośrodka badań jądrowych niedaleko jeziora Baikał zauważyli że ołowiana ściana reaktora pokryła się złotem. W 1980 roku podobną reakcję w warunkach laboratoryjnych przeprowadził Glenn Seaborg. Niestety koszt eksperymentu przewyższał wartość uzyskanego złota[66]. Pierwiastki radioaktywne potrzebne do takiej reakcji podobnie jak złoto trzeba wykopać i są one równie rzadkie. Kiedy w 1901 roku Frederick Soddy wraz z Ernestem Rutherfordem dokonali przemiany Toru ($_{90}$Th) w Rad ($_{88}$Ra), Soddy wykrzyknął *Rutherford, to jest transmutacja* na co Rutherford odparł *Na miłość Boską, nie tak głośno, bo powiedzą że jesteśmy alchemikami*. Alchemicy od stuleci próbowali osiągnąć ten efekt, ale potrzebna była wiedza o budowie materii by móc przekształcić jeden pierwiastek w inny.



źródło: www.federalreserve.gov

Nadużywanie przez państwo monopolu na emisję pieniądza może doprowadzić w skrajnych przypadkach do hiperinflacji. Jednym z najbardziej drastycznych przykładów jest Zimbabwe, gdzie w lipcu 2008 roku inflacja osiągnęła wskaźnik 231,000,000% co oznacza podwajanie się cen co 17.3 dnia. Niechlubny rekord należy do dawnej węgierskiej waluty Pengő z inflacją sięgającą 400% dziennie.

W lipcu 2007 roku doszło do pęknięcia tak zwanej bańki spekulacyjnej (*speculative bubble*, *market bubble)* rynku nieruchomości w Stanach Zjednoczonych. Bańka spekulacyjna to

66 http://chemistry.about.com/cs/generalchemistry/a/aa050601a.htm

tymczasowy stan rynku, w którym cena dóbr znacznie odbiega od ich wartości (przewyższa ją). Nastąpiła fala przejęć nieruchomości kredytobiorców kredytów „subprime". Załamanie się rynku miało bezpośredni wpływ na rynek kredytów hipotecznych, budownictwo mieszkaniowe, rynek detaliczny. Dzięki globalizacji (a może przez globalizację) światowa gospodarka zareagowała jak system naczyń połączonych. Po kilku miesiącach nieużywane kontenery zaczęły rdzewieć w portach w oczekiwaniu na ładunek który nigdy nie przybył. Zmniejszone obroty oznaczają dla obywateli bezrobocie, a dla państw mniejsze przychody z podatków. Te z kolei potrzebne są do spłacania długów zaciągniętych na poczet ratowania gospodarki.

Wielokrotnie sprawdzoną na przestrzeni wieków metodą spłaty publicznych długów jest inflacja. Sprawia ona że choć nominalne zadłużenie nie zmienia się, maleje jego realna wartość. Inflacja ma swoje wady: Szybki spadek wartości nabywczej pieniądza to najprostsza droga do społecznego niezadowolenia. To z kolei daje pole do popisu populistom chcącym chronić gospodarki narodowe i miejsca pracy w lokalnych społecznościach. Jest to tylko pozornie pożyteczna tendencja. Przy słabnącej współpracy międzynarodowej inflacja szaleje, gospodarka jest niestabilna a bezrobocie nadal rośnie. Na domiar złego w niedalekiej przyszłości będziemy musieli stawić czoła kryzysowi energetycznemu, a nie wykluczone, że także żywnościowemu i klimatycznemu.

Społeczeństwo Informacyjne

Mianem społeczeństwa informacyjnego określa się społeczeństwo, w którym informacja stała się towarem równoważnym lub cenniejszym od dóbr materialnych. Istotną część dochodu takiego społeczeństwa generują usługi związane z przechowywaniem, przesyłaniem i przetwarzaniem informacji[67]. Jako jeden z pierwszych ideę społeczeństwa informacyjnego wprowadził w 1933 roku ekonomista Fritz Machlup. Zajmował się on wpływem patentów na badania i rozwój. Swoje spostrzeżenia zawarł w książce Produkcja i dystrybucja wiedzy w Stanach Zjednoczonych. W „branży wiedzy" (*knowledge industry*) wyróżnił on pięć sektorów: edukacja, badania i rozwój, środki masowego przekazu, technologie informacyjne oraz usługi informacyjne. W oparciu o ten podział wyliczył, że 29% dochodu narodowego USA w 1959 roku zostało wygenerowane przez te sektory gospodarki. Alain Touraine w 1971 tak wypowiadał się o społeczeństwie postindustrialnym: *Przejście w społeczeństwo postindustrialne następuje gdy dochody z wytwarzania dóbr modyfikujących wartości, potrzeby, reprezentacje przewyższą dochody z produkcji dóbr materialnych i usług.*

67 Józef Oleński, Ekonomika informacji, PWE, Warszawa 2001

Społeczeństwo industrialne zrewolucjonizowało sposoby produkcji, społeczeństwo postindustrialne rewolucjonizuje konsumpcję i znacząco wpływa na kulturę. Zasadniczą różnicą jest to że w społeczeństwie postindustrialnym system ekonomiczny jest kształtowany i sterowany przez społeczeństwo. Nazywamy je też społeczeństwem programowanym, ponieważ może ono tworzyć modele zarządzania, produkcji, organizacji, dystrybucji i konsumpcji w ten sposób że na wszystkich poziomach funkcjonowania sprawia wrażenie bycia kierowanym przez samo siebie, nie przez prawa naturalne czy lokalne zwyczaje. Francuski filozof Jean-François Lyotard stwierdził że *wiedza stała się głównym czynnikiem produkcji na przestrzeni kilku ostatnich dekad*. Za początek społeczeństwa informacyjnego w Stanach Zjednoczonych można uznać lata 50te XX wieku. W 1956 roku liczba osób wykonujących prace umysłowe (*white collar*) przewyższyła liczbę pracowników fizycznych (*blue collar*). Oznaczało to schyłek ery industrialnej i wzmocnienie sektora usług.

Ilość Informacji

Badania przeprowadzone przez firmę IDC mające na celu oszacowanie ilości informacji generowanej przez ludzkość wykazały, że do 2007 roku wygenerowano 281 eksabajtów (10^{18} bajtów)[68], co oznacza że każdy człowiek wygenerował 45 gigabajtów. Zadanie oszacowania tej wartości jest niełatwe ze względu na rozróżnienie między informacją zapisaną, a przesłaną i usuniętą. Dla porównania zapisanie wszystkich rozmów telefonicznych przeprowadzonych w USA przez jeden rok wymagałoby 9.25 eksabajta. Od niedawna ilość wytwarzanych danych przekracza całkowitą pojemność nośników. Według szacunków IDC do roku 2011 tylko połowa cyfrowych danych będzie przechowywana. Eksperci przypisują gwałtowny wzrost popularności telewizji cyfrowej, kamer i aparatów fotograficznych opierających się na cyfrowym zapisie. Największy udział we wzroście ilości informacji mają monitoring, sieci społecznościowe oraz "przetwarzanie w chmurze" (cloud computing). Badacze zauważyli też, że ilość informacji zbieranych o nas automatycznie przewyższa te wytwarzane przez nas świadomie i rozmyślnie. Oznacza to że w przyszłości sektor IT w dużej mierze będzie odpowiedzialny za dopilnowanie by te informacje pozostały prywatne. Innym pojawiającym się problemem jest rosnący wpływ stosowania technologii informacyjnych na środowisko: zepsute i przestarzałe telefony komórkowe i inne urządzenia elektroniczne często są zbudowane z materiałów, które nie powinny przedostać się do ekosystemu, a centra informatyczne zużywają coraz więcej energii elektrycznej. Podjęto nawet próby oszacowania ilości węgla potrzebnej do wytworzenia energii zużywanej za każdym razem gdy wpisujemy

68 http://www.infoniac.com/hi-tech/amount-digital-information-reached-281-exabytes.html

coś w wyszukiwarce internetowej. Okazało się że cały proces może pochłonąć ilość energii odpowiadającą siedmiu gramom[69].

Kluczową rolę dla rozwoju społeczności ma bez wątpienia szybkość wymiany informacji. Najważniejsze usprawnienia w tej dziedzinie to:

Język
Porozumiewanie się za pomocą dźwięków nie jest wyłącznie domeną ludzi. Niektóre gatunki zwierzą mogą przekazywać sobie nawzajem komunikaty, jednak tylko kod na który składają się zbiór znaków (morfemów, wyrazów, stałych zwrotów) oraz reguły ich łączenia może służyć do przekazywania skomplikowanych treści. Powstanie języka umożliwiło gromadzenie wiedzy. Informacja nie znikała już wraz ze śmiercią osoby, która weszła w jej posiadanie, lecz mogła być przekazywana z ust do ust, z pokolenia na pokolenie.

Pismo
Pismo ideograficzne powstało z piktografii przez stopniowe upraszczanie rysunków. Pierwsze piktogramy datowane na 4 tys. lat p.n.e. uniemożliwiały zapis czynności imion i nazw własnych gdyż przedstawiały tylko elementy rzeczywistości - znane i łatwe do przedstawienia obiekty i sytuacje. W piśmie ideograficznym znaki reprezentują niepodzielne jednostki znaczeniowe (morfemy lub wyrazy). Z pisma ideograficznego wywodzi się większość współczesnych alfabetów.

Alfabet
Alfabety w znaczeniu systemu pisma, w którym każdy znak odpowiada najczęściej jednej głosce powstały około 2000 r. p.n.e. Pierwszym tego typu alfabetem był kanegyjski. To z niego wywodzą się alfabety greckie, łacińskie i arabskie.

Druk
Wynalezienie druku przypisuje się Johanesowi Gutenbergowi choć powielanie znaków przez odciskanie było znane już w starożytności, a niepotwierdzona wersja mówi, że ruchomą czcionkę jako pierwszy w Europie wynalazł Laurens Janszoon Coster[70]. Gutenberg niewątpliwie odniósł pierwszy sukces wydając swoją Biblię w połowie XV wieku. Rozpowszechnienie druku znacznie obniżyło ceny książek poszerzając grono odbiorców.

Telegraf
Choć najczęściej utożsamiany z wynalezionym na początku XIX wieku telegrafem elektrycznym wcześniej przybierał także inne formy. Przesyłanie zakodowanych informacji

69 http://technology.timesonline.co.uk/tol/news/tech_and_web/article5489134.ece
70 http://www.psymon.com/koster/

było możliwe za pomocą ustawiania widocznych z daleka ruchomych instalacji w określonych pozycjach (telegraf semaforowy), kierowaniu odbitego zwierciadłem światła słonecznego w stronę odbiorcy (heliograf). Rozwój telegrafu elektrycznego zdolnego do przesyłania wiadomości na duże odległości mógł być możliwy dopiero od wynalezienia galwanometru (przyrządu do mierzenia niewielkich wartości natężenia prądu elektrycznego) w 1820 roku. W sierpniu 1858 roku udało się przeciągnąć pierwszy transatlantycki kabel telegraficzny[71]. Ze względu na brak wzmacniaczy i prymitywne metody wytwarzania kabla przesłanie jednej litery przy pomocy alfabetu Morse'a trwało średnio dwie minuty. Pierwszy kabel działał tylko przez trzy tygodnie, niezawodne i ośmiokrotnie wydajniejsze połączenie ustanowiono dopiero osiem lat później. Połączenie przez Pacyfik powstało w 1902 roku. Sieć telegraficzna stała się pierwszą siecią globalną i zapoczątkowała wiele zjawisk kojarzonych dziś głównie z Internetem[72].

Radio

Za wynalazcę radia powszechnie uważa się Guglielmo Marconiego, jednak w skład urządzenia wchodził element wynaleziony przez serbskiego inżyniera Nikole Teslę. Pierwsza transmisja radiowa na odległość miała miejsce we wrześniu 1895 roku. Sześć lat później udało się nawiązać łączność przez Atlantyk. Radio początkowo służyło do przesyłania wiadomości przy użyciu alfabetu Morse'a. Dopiero w połączeniu z mikrofonem i głośnikiem umożliwiło transmisję dźwięku.

Układy scalone

Zapowiedzią powstania układów scalonych była lampa próżniowa z 1926 roku zawierająca dziewięć elementów w jednej szklanej obudowie. Teoretyczne podstawy budowy układu scalonego stworzył angielski naukowiec Geoffrey Dummer. Pierwsze działające układy udało się zbudować w 1958 roku Jackowi Kilby z Texas Instruments i Robertowi Noyce z Fairchild Semiconductor. Wprowadzenie układów scalonych do masowej produkcji spowodowało znaczne zmniejszenie rozmiarów i cen urządzeń elektronicznych. W 1971 roku powstał pierwszy mikroprocesor wyprodukowany przez firmę Intel[73].

Rozwój mikroprocesorów spowodował powstanie komputerów osobistych. To którą konstrukcję można uznać za pierwszy komputer osobisty jest kwestią sporną. Jednym z kandydatów do tego tytułu jest Xerox Alto z 1973 roku[74]. Polska myśl techniczna nie

71 http://atlantic-cable.com/1858NY/index.htm
72 Tom Standage, „The Victorian Internet", Phoenix 1999
73 http://www.intel.com/museum/archives/4004.htm
74 http://www.blinkenlights.com/pc.shtml

pozostawała w tyle. Dowodem na to jest komputer K-202 konstrukcji inżyniera Jacka Karpińskiego w którym zastosowano wiele innowacyjnych rozwiązań[75].

Podstawowym parametrem współczesnych układów opisującym gęstość upakowania podstawowych elementów jest minimalna długość kanału tranzystora. W 2005 roku weszły do produkcji układy wykonane w technologii 65 nanometrów, w 2009 w technologii 32 nanometrów, a w 2012 należy się spodziewać układów w technologii 22 nanometrów. Choć proces produkcji składa się z 350 etapów to efekt skali i stopień automatyzacji procesu powodują że współczesne urządzenia elektroniczne są praktycznie nieserwisowalne. Układy są zbyt małe i zbyt złożone by naprawa była możliwa. Pomocna jest budowa modułowa pozwalająca na wymianę podzespołu w którym doszło do awarii.

Globalna sieć komputerowa Internet

Internet – w latach 60tych XX wieku zaistniała potrzeba stworzenia rozległej sieci zdolnej do funkcjonowania pomimo zniszczenia jej części na przykład w wyniku ataku przy użyciu broni atomowej. Sieć ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Network*) opierała się na idei pakietu informacji z przypisanym do niego adresem, który krążyłby według ustalonej procedury po sieci szukając swojego punktu docelowego tak, jak to się dzieje z przesyłkami pocztowymi. W 1968 roku miała miejsce prezentacja automatycznego trasowania (wyznaczanie trasy i wysłanie nią pakietu danych) w sieci liczącej kilkanaście serwerów rozmieszczonych na uniwersytetach Stanford, University of California (Los Angeles) i University of Utah. W skład Arpanet wszedł dodatkowo kampus Uniwersytetu Kalifornijskiego w Santa Barbara. Pierwszą wiadomością przesłaną przez Arpanet o godzinie 22:30, 29 października 1969 roku z UCLA do Stanford miało być słowo „login", ale system zawiesił się po przesłaniu dwóch pierwszych liter. Sztuka udała się dopiero godzinę później. W kolejnych latach do programu dołączały inne uczelnie aż do 1971 roku kiedy odtajniono protokół TCP/IP i podłączono Arpanet do lokalnych sieci akademickich. Również w tym roku został wysłany pierwszy email. W 1980 roku agencja ARPA rozdzieliła sieć wojskową Arpanet od części cywilnej którą od tej pory nazywano Internet.

75 http://brain.fuw.edu.pl/~durka/var/K202/

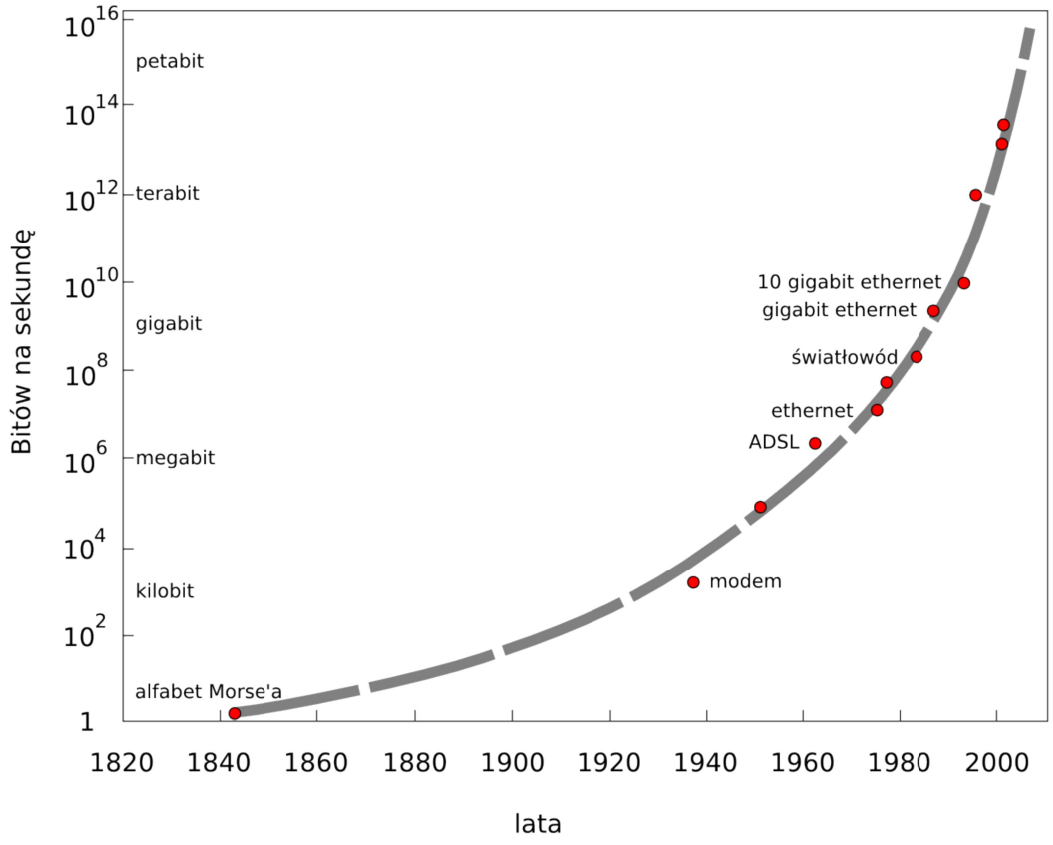
World Wide Web

System połączonych dokumentów hipertekstowych zawierających tekst obrazy, dźwięki i filmy. Koncepcja została opracowana przez Tima Bernes-Lee w 1989 roku. WWW jest często błędnie utożsamiana z Internetem podczas, gdy w rzeczywistości jest pojęciem węższym.

Jednym z najmocniejszych argumentów przemawiających za słusznością teorii technologicznej osobliwości jest fakt, że nowoczesne technologie coraz szybciej się upowszechniają. Musiało minąć 38 lat zanim liczba posiadaczy odbiornika radiowego osiągnęła 50 milionów. Telewizja dotarła do 50 milionów użytkowników po 13 latach od wynalezienia, Internet po czterech.

Łącza internetowe

Od początków telekomunikacji przepustowość łącz systematycznie rosła. Ten trend również podlega prawu Moore'a.



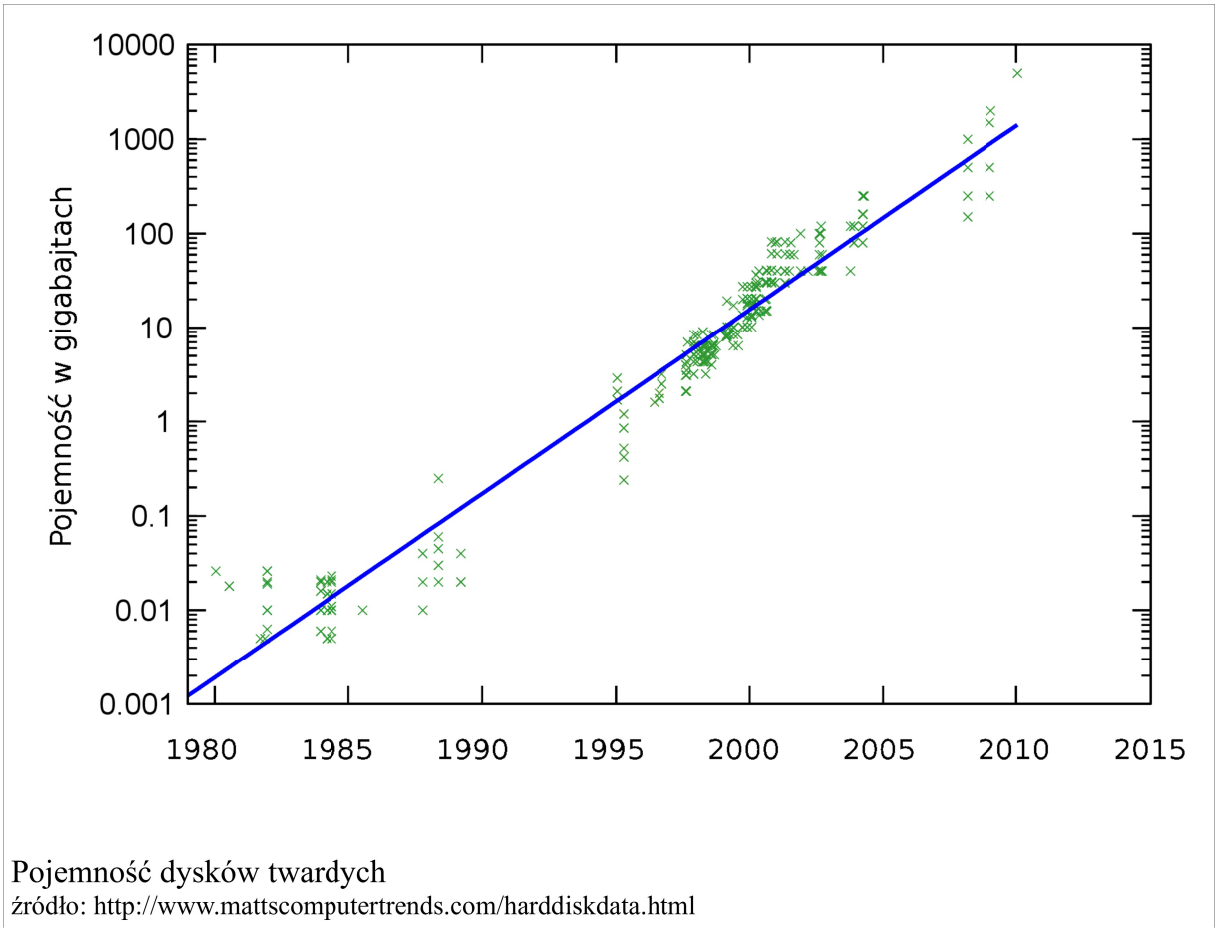
Maksymalne prędkości przesyłu danych z wykorzystaniem różnych technologii
źródło: Raymond Kurzweil, „The Law of Accelerating Returns", Lifeboat Foundation 2001

O wzroście dostępności szybkich łącz internetowych najlepiej świadczy pomysł streamingu gier sieciowych. Użytkownik zamiast wymieniać co kilka miesięcy procesor i kartę graficzną na nowszy model wykupuje abonament w jednym z serwisów oferujących tę usługę i może zamiast obrazu renderowanego przez swój komputer oglądać strumień video wyrenderowany na serwerze i skompresowany do jednego z popularnych formatów. Rozwiązanie to jeszcze kilka lat temu nie przeszłoby przez myśl ludziom, którzy pamiętają dźwięk wybierania numeru przez modem akustyczny lub elektryczny. Dzisiaj staje się atrakcyjną alternatywą w porównaniu z regularną wymianą sprzętu z powodu rosnących wymagań sprzętowych programów.

Cyfrowe nośniki informacji

Przyrost ilości informacji doskonale przedstawia historia rozwoju elektronicznych nośników danych. Pierwsze dyski twarde wprowadzone w latach pięćdziesiątych XX wieku do zastosowań komercyjnych miały rozmiary zmywarki do naczyń (50 talerzy średnicy 24 cali) i wymagały prądu trójfazowego do napędzania talerzy. Pierwszy konsumencki dysk twardy w standardzie 5.25 cala wyprodukowany w 1980 roku miał pojemność zaledwie 5 megabajtów.[76] Równocześnie cena dysków twardych w przeliczeniu na jeden megabajt ciągle spada. Poczynając od 10'000$ w roku 1956 przez 340$ w 1981, 1$ w roku 2000[77] aż po 0,0206 ¢ w listopadzie 2009. Tempo wzrostu gęstości zapisu na nośnikach magnetycznych znacznie przewyższa wartości wynikające z prawa Moore'a. W najnowszych dyskach stosuje się warstwę rutenu grubości trzech atomów między dwiema warstwami materiału ferromagnetycznego. Zastosowanie tej techniki umożliwiło wyprodukowanie dysków do komputerów stacjonarnych o pojemności powyżej 400GB. Ostatnim rekordem w tej dziedzinie jest dysk firmy Western Digital o pojemności 2 terabajtów[78].

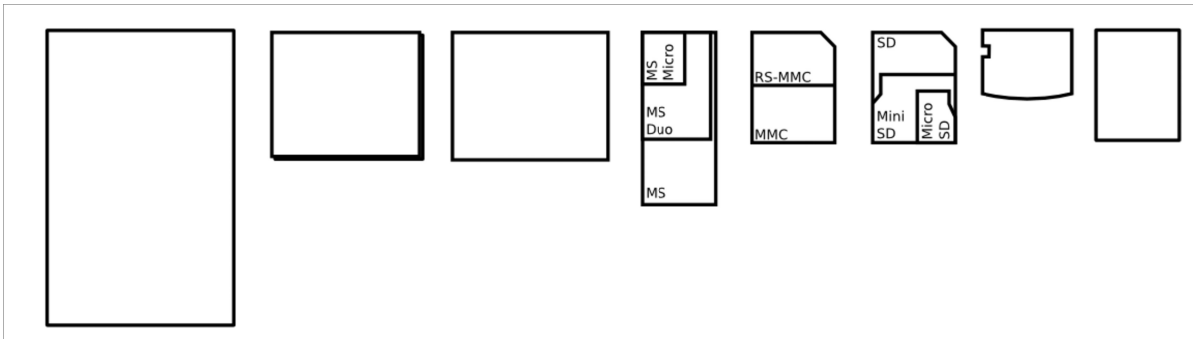
76 http://www.disktrend.com/5decades2.htm
77 http://www.littletechshoppe.com/ns1625/winchest.html
78 http://www.westerndigital.com/



Pojemność dysków twardych
źródło: http://www.mattscomputertrends.com/harddiskdata.html

Oprócz dysków twardych istnieją też inne nośniki informacji jak napędy taśmowe, dyski optyczne i zyskujące popularność ze względu na niewielkie rozmiary pamięci flash oparte na technologii Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory. Pierwsze karty pamięci pojawiły się na rynku w 1990 roku i miały formę karty PCMCIA. Wkrótce powstało wiele formatów, a ich pojemność regularnie się podwajała. Do rozwoju kart pamięci przyczyniła się głównie popularność cyfrowych aparatów fotograficznych. Obecnie jest ich w użyciu około dziesięciokrotnie więcej niż tradycyjnych. Termin analogowy nie jest do końca poprawny, gdyż odnosi także się do sposobu rejestracji obrazu na analogowych nośnikach magnetycznych. Tradycyjne aparaty fotograficzne są w zasadzie chemiczno mechaniczne. Z powodu dużego zapotrzebowania i prostej budowy pamięci NAND są obecnie jednym z najszybciej kurczących się urządzeń elektronicznych. Kiedy granica miniaturyzacji podstawowej komórki pamięci (około 20 nanometrów) zostanie osiągnięta producenci prawdopodobnie zaczną układać je w przestrzenne struktury i ulepszać proces wytwarzania. Najprawdopodobniej technologia zostanie wyparta przez pamięci ferroelectric RAM, magnetoresistive RAM, programmable metallization cell lub phase-change memory

Zestawienie rozmiarów i maksymalnych pojemności popularnych kart pamięci przedstawia poniższa tabela:



PC Card	Compact Flash	Smart Media	Memory Stick	Multi Media Card	Secure Digital	XD Picture Card	µ card
85.6 × 54 × 3.3mm	43 × 36 × 3.3mm (5.5mm)	45 × 37 × 0.76mm	20 × 31 × 1.6mm	32 × 24 × 1.5mm	32 × 24 × 2.1mm	20×25× 1.7mm	32×24× 1.5mm
256MB	CF I: 64GB CF II: 8GB	128MB	MS, MS Duo: 128MB MS Pro, MS Pro-HG Duo: 4GB MS Pro Duo: 16 GB MS Micro M2: 8GB	MMC: 4GB RS-MMC: 2GB	SD: 64 GB MiniSD: 8GB MicroSD: 32GB	xD: 512MB XD, typ M: 2GB XD, typ H: 2GB	2TB

Własność intelektualna

Wraz z rozpowszechnieniem się cyfrowych nośników danych zmianie uległo postrzeganie własności intelektualnej i praw autorskich. Aby skopiować kasetę magnetofonową czy video potrzebny był drugi magnetofon bądź magnetowid. Jakość nagrania pogarszała się z każdą kolejną wykonaną kopią. Wykonanie kopii płyty winylowej wymagało drogiego sprzętu. Problem ten zniknął wraz z rozpowszechnieniem się komputerów osobistych i Internetu. Jedno urządzenie mogło posłużyć do pozyskania, skopiowania i przechowywania własności intelektualnej. Piractwo stało się łatwiejsze, a co za tym idzie społecznie akceptowane. Dziesięć lat temu błyskawiczną karierą zrobił serwis wymiany plików Napster. Stronę stworzył licealista z Bostonu Shawn Fanning. Były to początki peer to peer czyli wymiany

plików między użytkownikami. Zaczęła się rewolucja, która spowodowała, że dziś niemal każde dobro kultury jest dostępne na wyciągnięcie ręki. Przedtem kupienie książki, płyty czy kasety oznaczało wejście w posiadanie nośnika jak i informacji na nim zawartej. Internet doprowadził niejako do oddzielenia nośnika od informacji. Dla artystów i twórców obecna sytuacja to dramat. Dla nich osoba pobierająca treści za darmo jest złodziejem. Tymczasem Chris Anderson – redaktor naczelny miesięcznika *Wired* kreśli wizję nadejścia nowej ery cyfrowej kultury. Twierdzi, że większość produktów medialnych będzie dostępna za darmo. *Co prawda nie wszystko będzie darmowe, ale wszystko będzie miało swą darmową wersję. Większość odbiorców wybierze właśnie ją, ale część dobrowolnie zapłaci za coś ekstra*. Anderson wydał swoją książkę pod tytułem *Free* w wydaniu papierowym (21,50$), na elektroniczne czytniki książek i telefony komórkowe (9,99$), jako audiobooka i jako plik tekstowy do ściągnięcia za darmo z sieci. Pomimo, że książka jest dostępna za darmo, jej papierowa wersja trafiła na listę bestsellerów *New York Times*. Autor uważa że jest to oznaka nadchodzącej freekonomii (nie mylić z freakonomią), w której koszty produkcji i dystrybucji dóbr kultury zmierzają do zera. Dla większości twórców internetowa darmocha jest poważnym zagrożeniem. Obawiają się że podzielą losy wytwórni płytowych, które jeszcze do niedawna rządziły rynkiem muzycznym. Rewolucja zapoczątkowana w 1999 roku przez Napstera doprowadziła wiele z nich do upadku, a te które pozostały ledwo wiążą koniec z końcem. Z socjologicznego punktu widzenia najciekawszymi konsumentami będą dzisiejsze nastolatki często nazywane „dziećmi Neostrady". Okres komputerowej edukacji osób urodzonych w latach 1990-1995 wypadł w czasie kiedy Telekomunikacja Polska wprowadziła szerokopasmowy dostęp do Internetu. Neostrada została uruchomiona w 2001 roku. Większość z tych ludzi nie ma żadnego problemu moralnego związanego z nielegalnym pobieraniem treści bo robili to „od zawsze".

Na freekonomii zarabiają operatorzy telekomunikacyjni i serwisy hostingowe. Wraz ze wzrostem transferu rośnie zapotrzebowanie na szybkie łącza. Operatora nie obchodzi co użytkownik ściąga dopóki płaci rachunki w terminie, a hosta nie obchodzi co udostępnia dopóki inni to pobierają a on zarabia na wyświetlaniu reklam i pnie się w rankingach popularności. Okazuje się że prawo autorskie nie jest przystosowane do Internetu. Dziś nie jest już pewne kto komu i za co powinien płacić. Czy portal, który kopiuje z gazety tekst i tworzy na jego podstawie wpis w dziale aktualności powinien podzielić się wpływami z autorem artykułu? Duże nadzieje wiąże się w branży z systemami mikropłatności. Skuteczny sposób przelewania małych kwot bez proporcjonalnie zbyt wysokich kosztów SMSa czy

elektronicznego przelewu bankowego rozwiązałby problem opłat za pojedyncze utwory muzyczne czy artykuły prasowe. Producenci starają się zachęcić do zakupu legalnych treści przez wygodny dostęp do nich. Jeśli za rozsądną opłatą można obejrzeć nie przerywany reklamami odcinek nowego serialu w jakości HD na dużym ekranie telewizora to jest to atrakcyjna alternatywa w porównaniu do ściągania go w kilku częściach z serwisu korzystającego z captcha, co bywa czasochłonne i nierzadko frustrujące.

Ciekawe rozwiązanie proponuje Europejska Partia Piratów domagając się uwolnienia dostępu do dóbr kultury. Zamiast zakupu licencji każdy użytkownik internetu miałby płacić podatek będący rodzajem funduszu misji publicznej. Podatek byłby nałożony na urządzenia służące do łączenia się z Internetem i do comiesięcznych opłat dostępowych. Już teraz podobną opłatą obciążone są czyste nośniki CD, DVD oraz kserokopiarki. Powstaje tylko pytanie jak taki fundusz miał być rozdzielany i co zrobić z tymi, którzy nie pobierają cudzych treści a wykorzystują łącza na przykład do monitoringu wymagającego dużej przepustowości[79].

Gospodarka oparta na zasobach

Ekonomia gospodarki opartej na zasobach jest interdyscyplinarną dziedziną badań, której celem jest poznawanie zależności między systemami ekonomicznymi a naturalnym ekosystemem. Skupia się na tym jak kierować światową ekonomią w warunkach ograniczonej ilości zasobów naturalnych[80]. Gospodarka oparta na zasobach łączy różne dyscypliny biologii, ekologii, ekonomii. Modele ekonomiczne powinny być dostosowane by przyjmować odnawialne surowce naturalne jako wejście. Dotyczą one w szczególności rybołówstwo, gospodarkę leśną i górnictwo. Ostatnio jednak na pierwszy plan wysunęły się kwestie zanieczyszczenia powietrza, wody, oraz zmian klimatycznych a zasoby naturalne stały się ważnym punktem programów politycznych[81]. Zainteresowanie naukowców i przedsiębiorców zmieniło się z optymalnej eksploatacji zasobów na całościowe ujęcie bogactw naturalnych obejmujące także aspekty rekreacyjne, krajobrazowe i komercyjne. Mogą one przyczynić się do polepszenia warunków bytowych ludności samą tylko obecnością.

Ekonomia oparta na zasobach porusza także kwestię produkcji energii i jej zużycia. Termoekonomiści[82] twierdzą, że systemy ekonomiczne zawsze opierają się na materii, energii, entropii i informacji. Próbują opisywać systemy ekonomiczne przy pomocy praw termodynamiki i dopatrują się roli energii w ewolucji pod kątem drugiej zasady

79 Piotr Stasiak, *Nowy darmowy świat*, tygodnik „Polityka" Nr 45 (2730) 7 listopada 2009
80 http://www.eoearth.org/by/Topic/Ecological economics
81 http://www.whitehouse.gov/blog/inaugural-address/
82 http://en.wikipedia.org/wiki/Thermoeconomics

termodynamiki w kategoriach produktywności, wydajności, a w szczególności kosztów i korzyści z różnych mechanizmów pozyskiwania energii. Przez to gospodarka bogactwami naturalnymi jest często omawiana w ramach ekonomii ekologicznej, która z kolei jest ściśle związana z samopodtrzymywaniem (ang. *sustainablity*) i zrównoważonym rozwojem.

Zrównoważony rozwoju, jako wynikowa trzech składowych:
społeczeństwa, środowiska i ekonomii.

W raporcie „Nasza Wspólna Przyszłość" z 1987 roku komisja do spraw środowiska i rozwoju[83] stwierdza że „Na obecnym poziomie cywilizacyjnym możliwy jest rozwój zrównoważony, to jest taki rozwój, w którym potrzeby obecnego pokolenia mogą być zaspokojone bez zmniejszania szans przyszłych pokoleń na ich zaspokojenie." Oznacza to że cywilizacja jest na poziomie dobrobytu, który może być utrzymany pod warunkiem racjonalnego gospodarowania.

Zasada Hotellinga mówi, że wydajna eksploatacja nieodnawialnego złoża doprowadzi do jego wyczerpania, a cena wydobywanego surowca będzie rosła zgodnie ze stopą procentową. Procentowa zmiana ceny netto za jednostkę surowca powinna być równa stopie dyskonta aby zmaksymalizować wartość pozostałego surowca.

Przeszkodą we wprowadzeniu gospodarki opartej na zasobach jest wspomniany wcześniej wrodzony ludzki egoizm, zarówno w odniesieniu do jednostek jak i krajów. Skoro energia i woda są powszechnie dostępne to czemu nie jeździmy samochodami „na wodę". Otóż będzie tak tylko wtedy gdy woda będzie droższa od ropy.

Wydawać by się mogło że woda jest idealnym przykładem dobra wolnego jednak 1/6 ludności świata (1,1 mld) nie ma dostępu do czystej wody, 2/5 (2,4 mld) nie ma dostępu do odpowiedniego systemu kanalizacji. Większość z tych ludzi mieszka w Afryce i Azji, z czego 1,3 mld w Chinach i Indiach[84].

83 http://worldinbalance.net/intagreements/1987-brundtland.php
84 http://www.who.int/features/factfiles/water/en/index.html

Szczyt wydobycia ropy naftowej

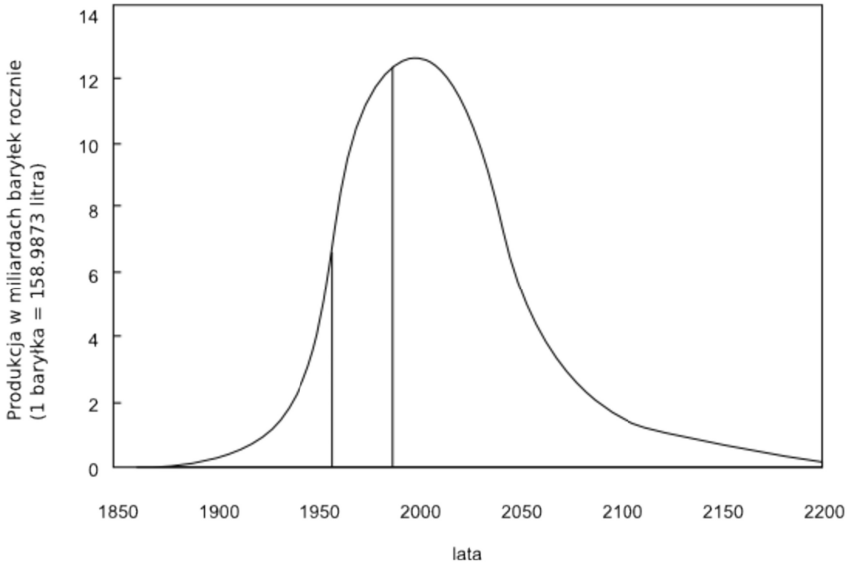
Charles Hall definiuje ekonomię jako naukę o sposobie, w jaki ludzie przekształcają naturę, by spełniała ich potrzeby. Ekonomia neoklasyczna nie przystaje do praw termodynamiki. Według termoekonomistów przetrwanie wszystkich żywych stworzeń jest uzależnione do koncepcji zwrotu energii wobec energii inwestowanej (EROEI). Kryzys finansowy i globalna recesja, która po nim nastąpiła skłoniła wielu ekonomistów do przemyślenia swoich poglądów. Wielu z nich nigdy nie spodziewałby się takiego obrotu spraw. Czy to tylko przez ich niewielkie pomyłki w obliczeniach czy dlatego, że dzisiejsza myśl ekonomiczna łamie prawa fizyki? Mała lecz systematycznie rosnąca grupa naukowców sądzi, że chodzi raczej o to drugie. Neoklasyczna mantra o nieprzerwanym wzroście ekonomicznym nie uwzględnia kurczącego się zasobu energii zgromadzonej w postaci kopalin. Mają oni nadzieję, że zbiór teorii roboczo określany jako „ekonomia biofizyczna" odświeży teorię neoklasyczną, a może kiedyś całkowicie ją zastąpi[85].

Biofizyczna ekonomia może być stosunkowo młoda, ale jej korzenie sięgają daleko w przeszłość. W 1926 roku noblista Frederick Soddy opublikował „Bogactwo, wirtualne bogactwo i dług". Jedną z pierwszych książek zawierających tezę, że ekonomia nie powinna się zajmować krzywymi popytu i podaży ale nowymi sposobami pozyskiwania energii. Soddy skrytykował tradycyjne teorie o systemach monetarnych, że ignorują fakt, iż prawdziwe bogactwo pochodzi z używania energii do przekształcania fizycznych obiektów. Te z kolei podlegają prawom entropii, zużyciu i nieuniknionej zagładzie.

Zwolennicy ekonomii biofizycznej akceptują hipotezę mówiącą że światowa produkcja ropy osiągnie szczyt, a potem zacznie łagodnie spadać. Hipoteza bazuje na częstotliwości odkrywania nowych złóż, wielkościach wydobycia w przeszłości i wydobyciu skumulowanemu. Na początku krzywej wydobycie rośnie ze względu na wysoką częstotliwość odkrywania nowych złóż i rozbudowę infrastruktury. Po osiągnięciu szczytu krzywa opada z powodu wyczerpywania się zasobów i związanego z tym wzrostu kosztów wydobycia. Przykładem są Stany Zjednoczone, gdzie produkcja przestała rosnąć ponad dziesięć lat temu i utrzymuje się na stałym poziomie lub spada od tego czasu. Inni producenci ropy również wpisują się w ten trend. Teoria zawdzięcza swą nazwę amerykańskiemu geofizykowi Marionowi Kingowi Hubbertowi, który opracował metodę modelowania krzywej produkcji przy zakładanej objętości złoża. Kiedy w połowie XIX wieku rodził się przemysł naftowy zwrot energii wobec energii inwestowanej wynosił 50:1. Oznacza to że uzyskiwano

85 Nathanial Gronewold, *New School of Thought Brings Energy to the Dismal Science*, „Greenwire", 23 października 2009

50 baryłek ropy za każdą baryłkę (lub jej równowartość energetyczną) zużytą na wydobycie, transport i rafinowanie. Obecnie wskaźnik ten wynosi maksymalnie 5:1. Kiedy osiągnie 1:1 zysk z wydobycia będzie zerowy, a ropa naftowa przestanie być wiodącym materiałem pędnym. Stanie się to na długo przed całkowitym wykorzystaniem jej zasobów. Oczywiście wydobycie ropy będzie się opłacało pod warunkiem, że będzie się odbywało przy użyciu energii wytworzonej w sposób tańszy niż spalanie ropy. Duże nadzieje wiąże się ze złożami znajdującymi się na Arktyce, których eksploatacja stanie się możliwa dzięki ociepleniu klimatu. Arktyka stała się przez to obiektem zainteresowania kilku krajów (patrz strona 59). Zanim to nastąpi prawa rynku sprawią, że konsumenci przestawią się na bardziej opłacalne paliwa. Najlepszym przykładem jest popularność instalacji LPG w samochodach osobowych wywołana wzrostem cen benzyny.



Krzywa Hubberta

Potencjalne niebezpieczeństwa

Rozwój taki mógłby się wiązać z dużymi niebezpieczeństwami. Niektórzy futuryści zwrócili uwagę że cele SI mogą nie uwzględniać przetrwania albo rozwoju ludzkości. Hugo de Garis zasugerował, że SI mogą po prostu wyeliminować ludzi, i ludzie nie będą w stanie ich przed tym powstrzymać. Anthony Berglas uważa, że w odróżnieniu od człowieka, oparta na komputerach inteligencja nie jest powiązana z żadnym konkretnym ciałem, co ma wpływ na zupełnie inne postrzeganie świata. Na przykład taki nieśmiertelny byt nie miałby potrzeby generowania niezależnych potomków którzy żyliby po jego śmierci. Nie wykształciłaby się

zatem ewolucyjnie potrzeba miłości, która sprzyja wychowywaniu potomstwa. Niestety sztuczna inteligencja będzie posiadać potrzebę władzy. *Pierwsza sztuczna inteligencja która zapragnie i będzie zdolna zapanować nad światem – osiągnie to*[86].
Inne często przytaczane niebezpieczeństwa dotyczą molekularnej nanotechnologii oraz inżynierii genetycznej. Są one zmartwieniem zarówno zwolenników, jak i krytyków teorii technologicznej osobliwości i były tematem artykułu Billa Joy'a "Why the future doesn't need us" opublikowanego w magazynie Wired.

Nick Bostrom[87] omawia scenariusze wymarcia ludzkości i wymienia superinteligencję jako jedną z możliwości:
Gdy stworzymy pierwszy superinteligentny byt, możemy popełnić błąd i wyznaczyć mu cele które poprowadzą go do unicestwienia gatunku ludzkiego, zakładając że jego niewyobrażalna intelektualna przewaga umożliwi mu to. Na przykład możemy omyłkowo podnieść cel pośledni do rangi nadrzędnego. Każemy bytowi rozwiązać problem matematyczny, a on zaangażuje surowce całego układu słonecznego do stworzenia urządzenia liczącego, zabijając między innymi osobę, która zadała pytanie.
Hans Moravec[88] twierdzi, że nawet jeśli nadludzka inteligencja może sprawić że ludzie staną się zbędni jako podrzędna forma życia, to wciąż będzie dla nich miejsce w ziemskim ekosystemie. Eliezer Yudkowsky zaproponował rozpoczęcie badań mających na celu stworzenie przyjaznej sztucznej inteligencji z uwzględniając wszystkie potencjalne niebezpieczeństa. Zwrócił uwagę, że jeśli pierwsza sztuczna inteligencja będzie przyjazna człowiekowi, będzie miała lepszy start przed wrogimi SI. Organizacja Singularity Institute for Artificial Intelligence (*SIAI*) koncentruje się na stworzeniu właśnie takiej przyjaznej sztucznej inteligencji. Bill Hibbard w swojej książce Super-Intelligent Machines zwraca uwagę na bezpieczeństwo i moralny aspekt sztucznej inteligencji. Natomiast Anthony Berglas twierdzi, że nie ma żadnych ewolucyjnych przesłanek, aby twierdzić, że sztuczna inteligencja będzie przyjazna dla człowieka.
Trzy prawa robotyki sformułowane przez pisarza Izaaka Asimova są jedną z najwcześniejszych prób opracowania zabezpieczeń dla maszyn myślących by nie mogły wyrządzić krzywdy człowiekowi bądź ludzkości. W powieściach Asimova każdy pojawiający się problem dotyczący praw jest spowodowany ingerencją czynnika ludzkiego. Roboty wyłączają się w momencie napotkania konfliktu. W 2004 roku Singularity Institute for

86 Anthony Berglas, „Artificial Intelligence Will Kill Our Grandchildren", 22 lutego 2009
87 Nick Bostrom, *Existential Risks*, „Journal of Evolution and Technology" vol 9, marzec 2002
88 Hans Moravec, „Świnie w cyberprzestrzeni: O kosmologii i ekologii cyberprzestrzeni" 1992

Artificial Intelligence rozpoczął internetową kampanię pod hasłem „niebezpieczne trzy prawa" by zwiększyć poziom społecznej świadomości w kwestii bezpieczeństwa i niedoskonałości praw robotyki zaproponowanych przez Asimova.
Wielu zwolenników teorii Technologicznej Osobliwości uważa nanotechnologię za jedno z największych niebezpieczeństw czekających ludzkość. Uważają że źródłowa sztuczna inteligencja (czyli zdolna do rozwijania swoich możliwości) powinna zostać opracowana przed rozwojem nanotechnologii. Z kolei naukowcy skupieni woków Foresight Institute uważają, że należy najpierw skupić wysiłki na molekularnej nanotechnologii, gdyż nanotechnologia przyspieszy nadejście Osobliwości.

Maszyna samoreplikująca

Samoreplikująca maszyna to hipotetyczne urządzenie zdolne do samodzielnego wytwarzania własnych kopii z materiałów dostępnych w swoim otoczeniu. Możliwość jej powstania rozważali między innymi Homer Jacobsen, Edward Forrest Moore, Freeman Dyson, John von Neumann, a ostatnio Kim Eric Drexler. Koncepcja maszyny samoreplikującej najczęściej pojawia się w kontekście planów wydobywania rud metali na innych niż Ziemia ciałach niebieskich. Szczególnym przypadkiem samoreplikującej maszyny jest sonda von Neumanna – pojazd kosmiczny powielający się w tempie wykładniczym w celu eksploracji kolejnych układów planetarnych. Można wyróżnić dwa typy samoreplikujących maszyn: clanking replicator – maszyna (lub zespół maszyn) w skali makro wytwarzająca swoje kopie z surowców. Zespół musiałby składać się z maszyn wydobywających surowce , maszyn konstruujących i serwisujących. Prostsza wersja zakłada umieszczenie maszyny w magazynie półproduktów, co wyeliminowałoby dużą część procesów wytwórczych ograniczając zadanie maszyny tylko do montażu i rozruchu. Drugi rodzaj samoreplikującej maszyny to nanorobot mogący operować pojedynczymi molekułami.

Na koncepcji nanorobota przemieniającego całą otaczającą go materię we własne kopie oparty jest jeden ze scenariuszy zagłady cywilizacji: szara maź. Jeśli projektant nanorobota nie zaprogramuje warunku zatrzymującego proces to maszyna będzie się powielać aż do wyczerpania materiałów jak pętla programu bez warunku „until". Planeta, która padła ofiarą takiego błędu programisty byłaby pokryta szarą mazią (*grey goo*). Nie jest pewne czy szara maź może zaistnieć dzięki nanotechnologii. Uzyskiwanie energii ze światła słonecznego i utleniania materii organicznej nie jest możliwe wszędzie, a przetworzenie całej skorupy

ziemskiej wymagałoby skoordynowanych działań. Najprostszym sposobem zapobieżenia niekontrolowanemu powielaniu nanorobotów jest wyłączanie się ich po utworzeniu określonej liczby pokoleń podobnie jak bajt TTL zapobiega błądzeniu pakietów w sieciach komputerowych w nieskończoność.

Obecnie nanomaszyny wyglądają dość prymitywnie – najbardziej zaawansowana konstrukcja to wózek o napędzie elektrycznym. To że ten wózek działa jest dowodem, iż takie maszyny można tworzyć. Kiedy powstanie nanomaszyna zdolna powielać samą siebie koszt produkcji zmaleje niemalże do kosztu materiału z którego powstanie.

Nieudolną próbą demonstracji maszyny samoreplikującej maszyny (w skali makro) jest projekt RepRap – plotter trójwymiarowy wykorzystujący technikę osadzania topionego materiału (*fused deposition modeling*), przy pomocy którego można wykonać wszystkie jego plastikowe elementy. Projekt jest tylko pierwszym krokiem do stworzenia samoreplikującej maszyny bo oprócz wydrukowania części z tworzywa sztucznego trzeba jeszcze dostarczyć elementy elektroniczne wyprodukowane w większości w azjatyckich fabrykach i poskładać wszystko razem[89].

Krytyka

Niektórzy krytycy twierdzą, że żaden komputer ani inna maszyna nigdy nie osiągnie poziomu ludzkiej inteligencji. Inni nie wykluczają takiej ewentualności. Theodore Modis i Jonathan Huebner twierdzą nawet, że postęp technologiczny zwalnia. Pewnym dowodem tej hipotezy może być fakt że wzrost częstotliwości procesorów zwalnia, pomimo że złożoność układów scalonych nadal utrzymuje się na poziomie zakładanym przez prawo Moore'a. John Smart nie zgadza się z analizą Huebnera.

Inni naukowcy utrzymują, że do podobnych „osobliwości" dochodziło już w przeszłości w innych dziedzinach, jak na przykład populacja czy PKB. Andrij Korotajew twierdzi, że w przeszłości hiperboliczny wzrost wynikał ze sprzężenia zwrotnego, które przestało mieć wpływ na światowe trendy w latach siedemdziesiątych. Dlatego nie należy spodziewać się hiperbolicznego wzrostu w przyszłości.

Jürgen Schmidhuber (2006) zasugerował, że obserwowane przyspieszenie zmian odzwierciedla jedynie szczegółowość pamiętania niedawnych zdarzeń w stosunku do odległych. Według tej sugestii, analogiczne mechanizmy były przyczyną wszelkich apokaliptycznych przewidywań w przeszłości. Zdrowy rozsądek każe sądzić że nadejście

89 http://reprap.org/

osobliwości nie będzie zdarzeniem ale okresem przejściowym. Wynika to choćby z samej definicji osobliwości jako czasu kiedy postęp technologiczny przewyższa możliwości zrozumienia przez człowieka. Jako że ludzie różnią się poziomem intelektualnym to osobliwość będzie trwała od momentu gdy inteligentna maszyna opracuje technologię, której nie będzie mógł zrozumieć najmniej inteligentny człowiek na, do momentu gdy nikt już nie będzie mógł zrozumieć tego co tworzą maszyny. Sir Arthur Charles Clarke powiedział że *każda dostatecznie rozwinięta technologia może być postrzegana jako magia*. Tak jak magią wydawałaby się dzisiejsza technologia dla obywatela Imperium Rzymskiego, tak to co powstanie za trzydzieści lat byłoby niezrozumiałe dla współczesnych. Zbudowanie pierwszej maszyny o inteligencji dorównującej człowiekowi pozostanie niezauważone bo przed nią będzie jeszcze wiele mniej inteligentnych, a zaraz po niej wiele lepszych.

Porównanie ilości patentów przypadających na tysiąc osób pokazuje, że ludzka kreatywność nie przejawia gwałtownych wzrostów, a raczej stopniowe spadki. Największy wskaźnik ilości nowych patentów na tysiąc osób przypadał na okres 1850-1900 i od tej pory spada. Rosnąca złożoność z czasem staje się barierą i prowadzi do zapaści systemu. Pojedynczy wybitny naukowiec obecnie nie może ogarnąć całości swoich badań jak miało to miejsce na przełomie XIX i XX wieku. Czasy wielkich odkryć rodzących się w drewnianej szopie bezpowrotnie minęły.

Niektórzy anarchoprymitywiści i ekoanarchiści jak John Zerzan i Derrick Jensen, postrzegają osobliwość jako kulminację kontroli maszyn i utratę możliwości swobodnej egzystencji poza cywilizacją. Uzależnienie gospodarstw domowych od infrastruktury i administracji zwiększa się systematycznie, a życie na uboczu cywilizacji wiąże się ze społecznym ostracyzmem. Anarchiści nie przebierając w słowach twierdzą, że stajemy się niewolnikami systemu – małymi trybikami w globalnej machinie konsumpcji.

Scenariusze

Zaistnieniu technologicznej osobliwości musi sprzyjać szereg czynników takich jak:

nakłady na naukę: Aby powiększyć obecny stan wiedzy potrzebne są skoordynowane działania wielu naukowców i kosztowny sprzęt. Jeśli badania naukowe zostaną zepchnięte na margines budżetów państw, osiągnięcie osobliwości może się opóźnić. Wydatki na naukę w Polsce wyniosły w 2007 roku 1,44 procent wydatków budżetowych czyli 3,688 mln złotych[90]. Kwota ta stanowi 0,33 procent PKB, w USA przeznacza się na naukę 2,59 proc. a w Japonii

90 http://www.nauka.gov.pl

3,15 proc. Najnowszy superkomputer IBM Roadrunner kosztował 133 miliony dolarów.

klęski żywiołowe: Klęska na dużą skalę może zakłócić pracę ośrodków badawczych i zaprzepaścić wiele lat badań. Huragan Katrina pochłonął w 2005 roku 1,836 ofiar w ludziach, a wyrządzone straty szacuje się na 81.2 miliarda dolarów.

polityka: Rząd kraju który jako pierwszy osiągnie technologiczną osobliwość może zechcieć zachować korzyści z niej płynące dla siebie. Oczywiście osiągnięcie osobliwości nie jest jednoznaczne z przemianą Ziemi w krainę mlekiem i miodem płynącą z dnia na dzień. Od dobrej woli ludzi którzy do jej zaistnienia doprowadzą będzie zależało jak szybko zacznie przynosić korzyści.

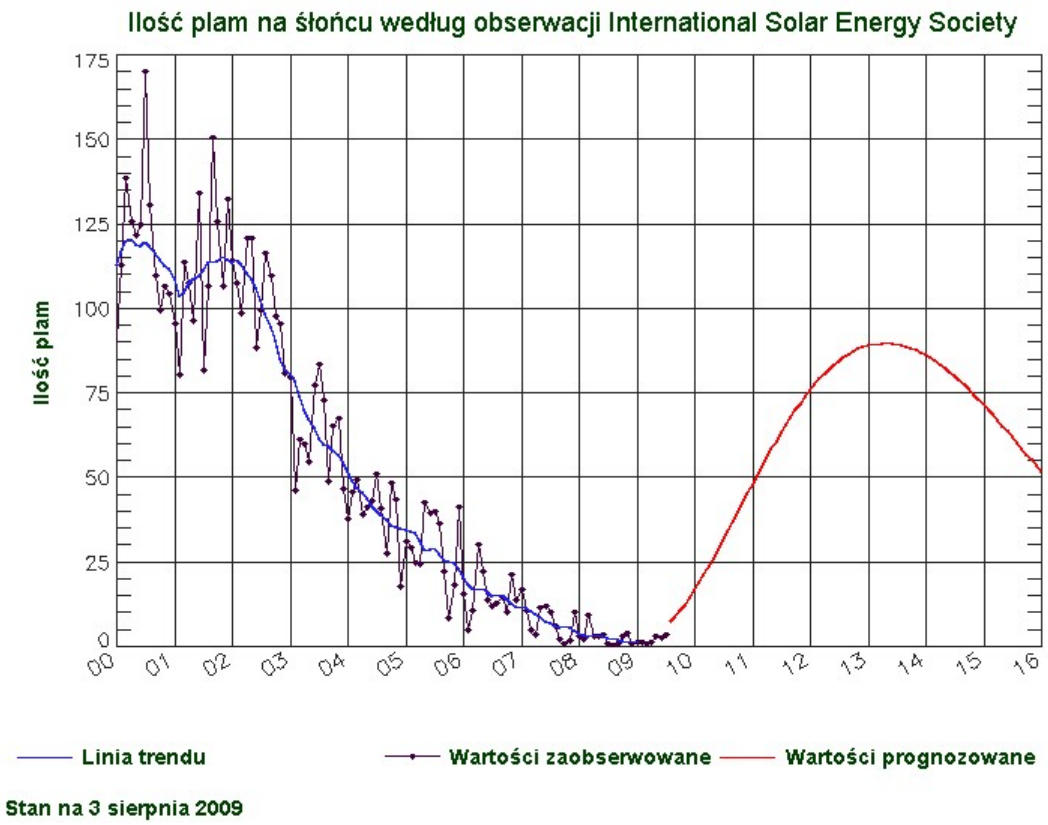
konflikty zbrojne: Są przedłużeniem polityki. Wymagają nakładów pieniężnych, pobudzają innowacyjność.

Rozbłyski słoneczne

Jednym z pesymistycznych przewidywań na najbliższe lata jest zwiększenie się ilości plam na słońcu, które mają negatywny wpływ na działanie urządzeń elektronicznych. Astronomowie obserwują powierzchnię słońca w poszukiwaniu anomalii już od 1755 roku. Od tej pory wystąpiły 23 cykle aktywności słonecznej. Panel uczonych, zorganizowany przez National Oceanic and Atmospheric Administration i NASA ogłosił, że szczytu 24 cyklu można spodziewać się około maja 2013 roku[91]. Plamy na Słońcu mają na dłuższą metę wpływ na klimat. W czasie tak zwanego minimum Maundera w latach od 1645 do 1715 liczba plam była nie większa niż trzy, a średnia temperatura na Ziemi była najniższa od 8 tysięcy lat, rzeki w Europie zamarzały co roku, a przez Bałtyk można było przejechać saniami. O ile zmiany klimatyczne nadchodzą powoli i cywilizacja ma czas by się do nich przygotować, to dużo groźniejsze dla wysoko rozwiniętych społeczeństw są zmiany krótkoterminowe. We wrześniu 1859 roku astronom Richard Carrington dostrzegł w nowo powstałej grupie plam słonecznych potężny rozbłysk białego światła trwający około minuty. Do Ziemi dotarła fala wysokoenergetycznych protonów, a następnie miliardy ton plazmy (zjonizowanej materii) wyrzuconej z korony słonecznej. Zaburzenia pola magnetycznego trwały pięć dni, co wywołało zorze polarne widoczne na Kubie, Bahamach, i w Indiach. Doszło do niemal natychmiastowego wyłączenia sieci energetycznej w Quebecu i północnych stanach USA. Najbardziej spektakularne skutki dotknęły rozwijającą się dopiero sieć telegraficzną. Iskry z aparatury raziły telegrafistów i rozniecały pożary urzędów telegraficznych. Gdyby do

91 http://science.nasa.gov/headlines/y2009/29may_noaaprediction.htm?list46030

podobnego rozbłysku doszło dzisiaj, spowodowałby on zniszczenia infrastruktury szacowane w samych Stanach Zjednoczonych na 2 biliony dolarów. Odbudowa takich zniszczeń byłaby szczególnie utrudniona w sytuacji, gdy fabryki produkujące elementy sieci przesyłowej energii elektrycznej same jej potrzebują. Najmniej ucierpiałyby w przypadku takiej klęski kraje trzeciego świata, które są w niewielkim stopniu uzależnione od najnowszych osiągnięć techniki[92].



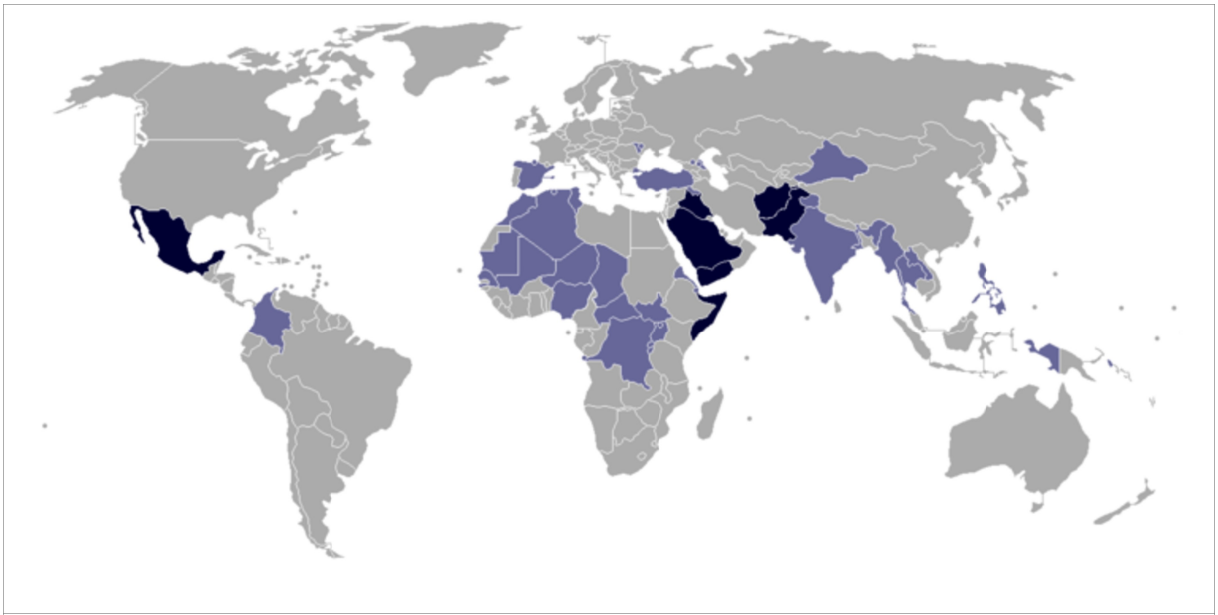
źródło: National Oceanic and Atmospheric Administration, Space Weather Prediction Center

Strefy wpływów i punkty zapalne

Na świecie trwają obecnie konflikty zbrojne pochłaniające ponad tysiąc istnień rocznie. W statystykach przodują: wojna w Iraku lub „Operation Iraqi Freedom" trwająca od marca 2003 roku – 1'339'711 ofiar po obu stronach (do mają 2009)[93], wojna w Afganistanie „Operation Enduring Freedom" trwająca od 7 października 2001 roku – 30'000 ofiar, wojna domowa w Somalii – ponad 300'000 ofiar od 1991 roku. Zliczenie ofiar jest nie lada wyzwaniem, gdyż należałoby do nich zaliczyć także ofiary przestępstw, do których dochodzi przez brak ochrony

92 Zbigniew Jaworowski, *Te plamy nas wykończą*, tygodnik „Polityka" 10 sierpnia 2009
93 http://web.mit.edu/CIS/pdf/Human_Cost_of_War.pdf

policyjnej i gwałtowne śmierci spowodowane innymi czynnikami występującymi na terenach objętych działaniami wojennymi. Większość trwających obecnie konfliktów ma charakter wojny asymetrycznej, czyli takiej, w której walkę toczą ze sobą strony o nierównych potencjałach bojowych, a nierzadko będące na innym poziomie technologicznym. Walka jest nierówna i niedżentelmeńska: z jednej strony ładunki wybuchowe z butli gazowej i telefonu komórkowego zakopywane przy drogach, z drugiej zdalnie sterowane samoloty uzbrojone w pociski rakietowe i bomby kierowane (patrz strona 63). Papież Inocenty II, który w 1139 roku potępił stosowanie na polu walki kuszy (przeciwko chrześcijanom) raczej nie zaaprobowałby i tych metod.



kraje na których terenie prowadzone są działania wojenne

■ powyżej tysiąca ofiar rocznie, ■ pozostałe konflikty

źródło: DG Three, „List of ongoing conflicts", wikipedia.org

Nie jest jeszcze przesądzone, że czasy wojen między państwami odeszły w zapomnienie. Niestety od kilku lat można zaobserwować niepokojące zjawisko ścierania się stref wpływów. Najbardziej jaskrawymi przejawami tego zjawiska są: amerykański program szkolenia gruzińskiej armii (maj 2002)[94], plan budowy tarczy antyrakietowej (grudzień 2002)[95], rosyjskie roszczenia w Arktyce[96] i wznowienie lotów bombowców strategicznych po raz pierwszy od czasu upadku Związku Radzieckiego (sierpień 2007)[97] i w końcu wojna w Osetii Południowej (sierpień 2008). Polska opinia publiczna nie ma świadomości, że graniczymy z

94 http://www.globalsecurity.org/military/ops/gtep.htm
95 http://pl.wikipedia.org/wiki/Tarcza_antyrakietowa
96 http://news.nationalgeographic.com/news/2007/08/070802-russia-pole.html
97 http://wiadomosci.gazeta.pl/Wiadomosci/1,80708,4396499.html

krajem, który w zeszłym roku uczestniczył w wojnie, dodatkowo we wrześniu 2009 roku, tuż przy polskiej granicy odbyły się pierwsze od dziesięciu lat wspólne rosyjsko - białoruskie manewry „Zachód 2009”[98]. Za najbardziej niebezpieczny punkt zapalny uważa się obecnie Iran. Na drugim miejscu znajduje się Korea Północna. Dwubiegunowy porządek świata z czasów zimnej wojny, a w szczególności doktryna wzajemnie zapewnionego zniszczenia (*Mutual Assured Destruction*) poniekąd zapewniała bezpieczeństwo – żadna ze stron nie chciała zaczynać wojny której w której nie ma zwycięzców. Wraz ze wzrostem ilości krajów posiadających broń masowego rażenia sytuacja staje się bardziej skomplikowana.

Iran

W listopadzie 2009 Iran przeprowadził ćwiczenia obrony przeciwlotniczej mające przygotować kraj do odparcia ataku na instalacje nuklearne[99]. Plany „uderzenia prewencyjnego” od dawna przygotowuje Izrael. Może dojść do powtórki z 1981 roku kiedy to izraelskie lotnictwo zniszczyło irackie centrum badań nad bronią jądrową Osiraq[100]. Iran albo przełknie tę zniewagę albo wypowie wojnę Izraelowi, do której mogą dołączyć arabscy sojusznicy.

Korea Północna

Reżim Kim Dzong Ila z kolei grozi wojną przy każdym wystrzeleniu nowego modelu rakiety balistycznej jeśli Korea Południowa lub Japonia podejmą próbę jej zestrzelenia[101].

Afryka

Badania prowadzone przez Marshalla Burke'a z Uniwersytetu Kalifornijskiego w Berkeley i Davida Lobella z uniwersytetu Stanford dowodzą zależności między opadami deszczu, temperaturą a intensywnością lokalnych konfliktów zbrojnych. Jako że długoterminowe przewidywania zmian temperatur są zazwyczaj trafne, należy się spodziewać 54% wzrostu intensywności działań wojennych na kontynencie afrykańskim.[102]

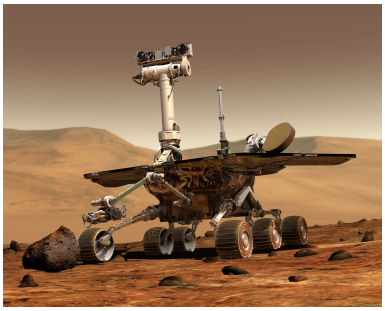
98 http://www.polska-zbrojna.pl/index.php?view=article&id=4745:manewry-zapad-2009
99 Wojciech Lorenz, *Iran gotów do wojny o atom*, „Rzeczpospolita” 23 listopada 2009
100 http://news.bbc.co.uk/2/hi/middle_east/5020778.stm
101 http://www.foxnews.com/story/0,2933,506843,00.html
102 http://www.newscientist.com/article/dn18185-african-conflicts-spurred-by-warming.html

Fikcja

Przykładową metodą w jaką jedna zaawansowana inteligencja może zagrozić całej ludzkości jest przejęcie kontroli nad zasobami broni nuklearnej lub wytworzenie militarnej nanotechnologii. Motyw Technologicznej Osobliwości pojawia się między innymi w powieściach Vernora Vinge'a i Isaaca Asimova. W filmie „Ja, robot" luźno opartym na powieściach Asimova pojawia się superkomputer przejmujący całkowitą kontrolę nad ludzkością w celu ochronienia jej przed samą sobą. Dan Simmons w powieści *Hyperion* opowiada o debacie grupy sztucznych umysłów nad stworzeniem kolejnej generacji sztucznej inteligencji określanej jako „ostateczna" (*ultimate*). W pilotowym odcinku serialu *Caprica* przedstawiono powstanie pierwszego Cylona (***C**ybernetic **L**ifefo**r**m **N**ode*). Sztucznej formy życia, na którą złożyły się trzy technologie: robotyka, meta-cognitive processor i mind uploading. Wyniszczająca wojna wywołana przez inteligentne maszyny i jest motywem przewodnim serii Battlestar Galactica, Terminator oraz Matrix. W serialu *Terminator: The Sarah Connor Chronicles* pojawia się bohater, który konstruuje z powszechnie dostępnych na rynku części (*commercial, off-the-shelf*) komputer zdolny do uczenia się. Komputer ten nazwany przez niego The Turk staje się później wzorem dla systemu Skynet odpowiedzialnego za zagładę ludzkości. Choć podobne scenariusze brzmią niedorzecznie to coraz częstsze pojawianie się ich w kinematografii uświadamia ludziom nadchodzące zmiany. Wiele urządzeń i technologii, które pojawiały się w literaturze czy filmach science fiction jest dziś w powszechnym użyciu (klonowanie, telefony komórkowe, hologramy) prace nad kolejnymi postępują sprawnie.

Najnowsze osiągnięcia

Samochód bez kierowcy to seria projektów stworzenia pojazdu, który samodzielnie poruszałby się po zadanej trasie, analizując otoczenie zewnętrzne. Trudno jest stworzyć pojazd czytający znaki drogowe i postrzegający otoczenie podobnie jak człowiek, ale przy minimalnych usprawnieniach infrastruktury zautomatyzowane pojazdy mogą zdominować drogi. Już dziś korzystamy z układów wspomagających parkowanie i niemal bezgranicznie ufamy wskazaniom nawigacji GPS (ciekawostka: jednym z wymogów konkursu było nie korzystanie przez automatyczne pojazdy z GPS). Na zdjęciu samochód stworzony na zawody organizowane przez Departament Obrony USA.



Bezzałogowe pojazdy takie jak UGV Gladiator czy UAV Predator w prawdzie są sterowane zdalnie przez człowieka, ale trwają prace nad ich autonomią.O ile w zastosowaniach militarnych lepiej jest by maszyna była ręcznie kierowana przez człowieka, to nie można postępować tak samo w przypadku pojazdów kosmicznych działających miliony kilometrów od operatora. Odległość Ziemi od Marsa wynosi od 55 do 100 milionów kilometrów w zależności od tego w jakich punktach swoich orbit planety się znajdują. Przy opóźnieniu sygnału rzędu kilkudziesięciu minut, niedorzeczne byłoby manualne omijanie każdego kamyczka. Łazik badający powierzchnię Marsa dostaje tylko informacje o trasie, którą ma przebyć. W jaki sposób pokona przeszkody zależy od niego. Na razie maszyny bojowe są kierowane bezpośrednio przez człowieka, ale już niedługo konstruktorzy będą musieli stanąć przed dylematem moralnym: czy można dać maszynie autonomię w kwestii użycia broni. Już teraz trwają prace nad automatycznymi wieżyczkami strażniczymi (*automatic sentry gun*), lecz sposób ich działania można porównać do pola minowego.

Pewien żołnierz Ludowego Wojska Polskiego zapytał swego dowódcy: *Co jest cenniejsze – żołnierz czy sprzęt?* Dowódca po chwili odpowiedział pytaniem: *A co jest łatwiej zrobić?* Jak będzie wyglądało pole bitwy w czasach, gdy koszt produkcji zaawansowanej maszyny bojowej spadnie poniżej kosztu wyszkolenia żołnierza? Jakich konstrukcji dopasowanych do współczesnej doktryny należy się spodziewać w nadchodzącej dekadzie.

Prawie każda technologia wojskowa prędzej czy później przecieka także do sektora prywatnego. Do wynalazków o charakterze wojskowym, które znalazły szerokie zastosowanie w czasach pokoju zaliczamy między innymi radar, noktowizor i GPS. Niezliczone innowacyjne technologie zawdzięczamy kosmicznemu wyścigowi USA i ZSRR z czasów zimnej wojny. Można więc powiedzieć, że wyścig zbrojeń i wojna w ogóle pozytywnie wpływa na innowacyjność. Może za wyjątkiem przykrego incydentu z wojny francusko-pruskiej, w wyniku którego zniszczeniu uległ jedyny prototyp pojazdu z silnikiem spalinowym[103].

Producenci robotów do zastosowań militarnych często reklamują je jako ratujące życie lub

103http://www.icar.org.pl/pawel/moto.htm

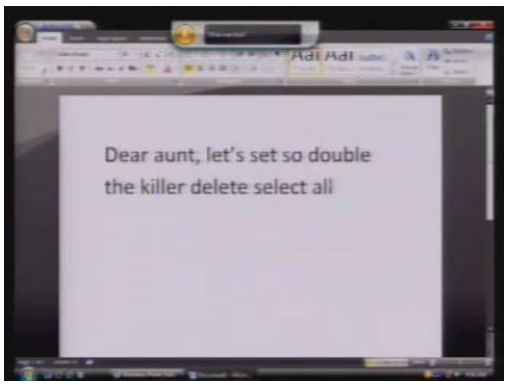
zmniejszające ryzyko ponoszone przez żołnierzy. Niestety równolegle z robotami do rozbrajania min, dostarczania zaopatrzenia i ewakuacji medycznej powstają modele wręcz przeciwnym zastosowaniu. Uzbrojone wersje MQ-1 Predator biorą czynny udział w wojnach w Iraku i Afganistanie. Piloci sterujący maszynami siedząc przy ekranach komputerów w Stanach Zjednoczonych nie odczuwają stresu bojowego. Lotnictwo Stanów Zjednoczonych wyszkoliło w 2008 roku więcej pilotów UAV niż samolotów załogowych, a w samym tylko Pakistanie użyło bezzałogowych samolotów w misjach bojowych aż 36 razy[104]. Samoloty bezzałogowe są najczęściej uzbrojone w naprowadzane na ciepło bądź emisję radiową pociski rakietowe i bomby kierowane promieniem lasera[105]. Sterowanie ogniem z działka bądź karabinu maszynowego jest zbyt trudne do realizacji z powodu opóźnionej reakcji pilota. Jeśli zajdzie konieczność zastosowania w samolotach bezzałogowych broni niekierowanej to trzeba będzie dać maszynie większą autonomię, a projektanci staną przed dylematem: czy pozwolić maszynie zabić człowieka.

Robot ASIMO firmy Honda – jeden z najbardziej rozwiniętych technicznie chodzących robotów na świecie. Prędkość chodu 2,7 km/h, prędkość biegu 6 km/h. Czas działania na jednym naładowaniu – około godziny. Nazwę robota rozszyfrować jako *Zaawansowany Postęp w Innowacyjnej Mobilności (Advanced Step in Innovative Mobility).* Celem projektu jest stworzenie robota, który będzie pomocny w codziennym życiu człowieka. Asimo najwierniej z dotychczas stworzonych robotów odtwarza ruchy, jakie wykonują ludzie przy chodzeniu.

Android ReplieeQ1 w prawdzie nie potrafi chodzić, ale za to dużo bardziej przypomina człowieka. Potrafi zmieniać wyraz twarzy, mówić, reagować na polecenia głosowe, gestykulować. Jest pokryty silikonem do złudzenia przypominającym ludzką skórę. Współczesne androidy są materializacją wyobrażeń większości społeczeństwa o przyszłości, ale czy na pewno się rozpowszechnią? Czy android będzie kolejnym gadżetem który będziemy kupować by zaimponować sąsiadom?

104 http://www.longwarjournal.org/archives/2009/07/us_predator_strikes_3.php
105 http://www.aviationspectator.com/resources/aircraft-profiles/mq-9-reaper-uas-aircraft-profile

Superkomputer Cray Jaguar jest obecnie (od listopada 2009) najszybszym superkomputerem na świecie. Dysponuje mocą obliczeniową 1.75 petaflopa (biliarda operacji zmiennoprzecinkowych na sekundę). Znajduje się w Oak Ridge w stanie Tennessee[106]. Przewiduje się, że superkomputery będą zdolne symulować działanie ludzkiego mózgu już za kilka lat. Nie wiadomo dokładnie, kiedy powstanie sztuczna inteligencja dorównująca człowiekowi. Wiadomo natomiast, że moment ten jest nieunikniony, bez względu na jego wielkość i technologię w jakiej będzie wykonany, prędzej czy później powstanie komputer zdolny symulować działanie ludzkiego mózgu.



Rozpoznawanie mowy to technologia pozwalająca komputerowi wyposażonemu w urządzenie do próbkowania dźwięku (karta dźwiękowa i mikrofon) interpretować mowę ludzką. Przykładowe zastosowania to transkrypcja lub foniczny interfejs użytkownika. Wyróżnia się kilka rodzajów rozpoznawania mowy: rozpoznawanie pojedynczych głosek, pojedynczych słów, łączonych słów oraz mowy ciągłej. Program rozpoznający mowę jest między innymi wbudowany w system Windows Vista. Wydajne oprogramowanie do rozpoznawania mowy w połączeniu z silnikiem wyszukującym zdolnym interpretować całe zdania pozwoli wyeliminować konieczność istnienia call centers oraz diametralnie zmieni zakres obowiązków osób wykonujących podobne zawody.

Nietrafione przewidywania

„*Maszyny latająca cięższe od powietrza są niemożliwe do skonstruowania.*”

Lord Kelvin

brytyjski matematyk i fizyk, przewodniczący brytyjskiego towarzystwa naukowego

17 grudnia 1903 – pierwszy udokumentowany lot samolotu „Flyer” braci Wright.

„*Jest praktycznie niewykonalne używanie satelitów telekomunikacyjnych do poprawy jakości połączeń telefonicznych, telegraficznych czy transmisji telewizyjnej.*”

Tunis Augustus Macdonough Craven

Pierwsze satelity telekomunikacyjne zostały wystrzelone w 1960 roku.

106 http://www.nccs.gov/computing-resources/jaguar/

„*Wystrzelenie człowieka w wielostopniowej rakiecie na orbitę Księżyca, czy wylądowanie na nim to mrzonki w stylu Julisza Verne'a.*"

Lee DeForest

21 grudnia 1968 – pierwszy załogowy lot na orbitę Księżyca (Apollo 8)

16 lipca 1969 – pierwsze lądowanie człowieka na Księżycu (Apollo 11)

„*Lee DeForest twierdził na łamach gazet że będzie możliwe w niedalekiej przyszłości przesyłanie ludzkiego głosu przez Atlantyk. Tymi absurdalnymi oświadczeniami ludzie byli wprowadzani w błąd by kupować udziały w jego firmie.*"

prokurator okręgowy w mowie oskarżycielskiej przeciwko

wynalazcy Lee DeForestowi

7 stycznia 1927 zostaje ustanowione pierwsze radiowe połączenie telefoniczne przez Atlantyk.

„*Dlaczego ktoś miałby chcieć posiadać komputer w domu.*"

Ken Olson

prezes DEC – producenta komputerów typu mainframe

„*Szacujemy globalny popyt na kserokopiarki na najwyżej 5000 sztuk*"

przedstawiciele IBM do przyszłych założycieli Xeroxa

„*Nigdy nie stworzymy 32bitowego systemu operacyjnego.*"

Bill Gates

„*Energia powstała z rozbicia atomu to drobnostka. To bzdura że można wykorzystać rozszczepianie atomów do wytwarzania anergii.*"

Ernest Rutherford

wkrótce po dokonaniu pierwszego rozszczepienia atomu

„*Jak ma Pan zamiar popłynąć tą łódką pod wiatr rozpalając w kominku pod pokładem. Nie mam czasu słuchać tego nonsensu*"

Napoleon Bonaparte do Roberta Fultona

„*Kiedy wystawa w Paryżu się zakończy, elektryczne światła zgasną i nikt o nich więcej nie usłyszy*"

Erasmus Wilson

Oksfordzki profesor w 1878 roku[107]

107 http://listverse.com/2007/10/28/top-30-failed-technology-predictions/

Wizjonerzy

Raymond Kurzweil

Pionier technologii optycznego rozpoznawania tekstu (OCR), syntezatorów mowy, rozpoznawania mowy, futurysta, autor książek poświęconych sztucznej inteligencji, transhumanizmowi i technologicznej osobliwości. Rozpoczął karierę w 1968 roku pisząc program dopasowujący uczniów szkół średnich do odpowiednich dla nich college-ów. W 1974 roku stworzył pierwszy program rozpoznający tekst napisany przy użyciu większości popularnych czcionek. Później połączył swój program ze skanerem CCD i syntezatorem mowy tworząc urządzenie umożliwiające niewidomym czytanie książek. Dziś program jest dostępny jako dodatek do telefonów komórkowych wyposażonych w aparat fotograficzny/kamerę video. W 1984 roku jego firma Kurzweil Music Systems opracowała syntezator muzyczny zdolny naśladować instrumenty muzyczne w sposób nieodróżnialny od oryginalnego brzmienia. W 1987 roku Kurzweil Applied Intelligence stworzyła system rozpoznawania mowy umożliwiający zapisywanie dyktowanych wypowiedzi w pliku tekstowym. Jego wynalazki przyniosły mu fortunę i pozwoliły zająć się pracą twórczą. W swoich książkach porusza tematy związane ze zdrowym trybem życia, sztuczną inteligencją, przyspieszającym postępem technologicznym i transhumanizmem. W lutym 2009 roku utworzył wspólnie z firmą Google i centrum badawczym imienia Josepha Amesa Uniwersytet Osobliwości. Misją uniwersytetu ma być *gromadzenie, edukowanie i inspirowanie kadry liderów pragnących zrozumieć i okiełznać przyspieszający postęp technologiczny by służył pokonywaniu wyzwań stojących przed ludzkością*[108].

Marvin Lee Minsky

Matematyk, prekursor badań nad sieciami neuronowymi, współzałożyciel laboratorium sztucznej inteligencji w MIT , wynalazca współogniskowego mikroskopu skaningowego i wyświetlacza nagłownego. W 1988 roku wraz z Seymourem Papertem opracowali teorię społeczeństwa umysłu (*The Society of Mind*) mówiącą, że to co nazywamy inteligencją może być wynikiem interakcji między nieinteligentnymi komponentami[109] (patrz strona 14). W 2006 roku w książce *The Emotion Machine* skrytykował wiele powszechnych poglądów o działaniu ludzkiego umysłu.

108 http://singularityu.org/about/faq/
109 Marvin Minsky, „The Society of Mind" Simon and Schuster, Nowy Jork 1988

Kevin Kelly

Redaktor magazynu Wired, a także New York Times, The Economist, Time, Science. Jego najbardziej znanym dziełem jest książka *Out of Control: The New Biology of Machines, Social Systems, and the Economic World*[110] opowiadająca o tym że administracja państwowa, inteligentne komputery i ludzki mózg działają w podobny sposób: jako system złożony z wielu prostych elementów. Uważa że jedyną organizacją zdolną do niepredefiniowanego wzrostu i nauki bez zewnętrznej ingerencji jest sieć. W 2007 roku sformułował prawo Maes-Garreau (patrz strona 22)

W lipcu 2008 w na konferencji TED przypomniał osobom zebranym na jego odczycie że technologia world wide web ma niespełna 5000 dni. Gdybym 5000 dni temu powiedział wam o możliwościach dzisiejszej sieci odparlibyście, że to niemożliwe. *Gdybym miał wam wtedy porównać sieć do jakiejś znanej wam technologii pewnie powiedziałby że to coś jak telewizja, tylko lepsze. Tyle że to nie byłaby prawda. Musimy pogodzić się z tym, że będziemy świadkami tego co dziś wydaje nam się niemożliwe*[111].

Konstantin Ciołkowski

Z zawodu nauczyciel fizyki i matematyki. Na przełomie XIX i XX wieku opracował teorię lotu maszyn cięższych od powietrza oraz podstawowe zasady rządzące lotem orbitalnym. Pracował także nad teorią rakiet wielostopniowych na paliwo ciekłe i systemami podtrzymywania życia w pojazdach kosmicznych. Jego pomysły dotyczące lotów kosmicznych udało się zrealizować dopiero po jego śmierci. 3 października 1942 prototyp niemieckiego pocisku rakietowego Aggregate 4, później bardziej znanego jako Vergeltungswaffe 2 osiągnął w locie balistycznym umowną granicę przestrzeni kosmicznej. 12 kwietnia 1961 Jurij Gagarin jako pierwszy wykonał w pełni udany lot orbitalny. Konstantin Ciołkowski jest także pomysłodawcą wieży sięgającej wysokości orbity geostacjonarnej. Wraz z rozwojem wytrzymałych i lekkich nanorurek koncepcja ma szanse na realizację w postaci windy kosmicznej zakotwiczonej na równiku i podwieszonej do satelity 35 786 kilometrów nad powierzchnią Ziemi. Taka winda znacznie zmniejszyłaby koszty lotów kosmicznych eliminując potrzebę budowy rakiet nośnych.

Jacque Fresco

Inżynier samouk, architekt, pisarz, wykładowca, wynalazca i socjolog. Pomysłodawca wielu projektów dotyczących inżynierii biomedycznej i nauk społecznych. W połowie lat 70-tych

110 http://www.kk.org/outofcontrol/
111 http://www.ted.com/index.php/talks/kevin_kelly_on_the_next_5_000_days_of_the_web.html

XX wieku zapoczątkował Projekt Venus - kompleks budynków jego projektu w których powstają książki i filmy promujące idee gospodarki opartej na zasobach. Fresco uważa że przyczyną biedy jest system kapitalistyczny, który jest oparty na chęci zysku (patrz strona 36).

Stanisław Lem

Najczęściej tłumaczony polski pisarz. Jego dzieła przetłumaczono na 41 języków i wydano w 27 milionach egzemplarzy. Poruszał tematy takie jak rozwój cywilizacji, utopijne wizje przyszłości oraz dylematy moralne związane z nowoczesnymi technologiami. Jego najbardziej znanymi dziełami filozoficzno-futurystycznymi są *Summa technologiae* (1964), *Dialogi* (1975), oraz eseje *Fantastyka i futurologia* (1970). Problem osobliwości przedstawił w humorystyczny sposób w książkach *Wizja Lokalna*, *Cyberiada* i *Bajki robotów*.

Gene Roddenberry

Scenarzysta i producent telewizyjny, twórca serialu *Star Trek*, który stał się często naśladowanym wzorem dla całego gatunku science-fiction i kulturowym fenomenem. Wzornictwo i sposób działania rekwizytów pojawiających się w serialach i filmach osadzonych w uniwersum *Star Trek* inspirowały projektantów prawdziwych urządzeń. Przykładami są telefony komórkowe, tablety PC i urządzenia do obrazowania metodą rezonansu magnetycznego.

Arthur Charles Clarke

Brytyjski pisarz science-fiction, wynalazca i futurysta najbardziej znany jako autor książki *Odyseja Kosmiczna 2001* opowiadającej o odnalezieniu przez ludzi sondy wysłanej przez zaawansowaną obcą cywilizację. W 1945 roku zaproponował użycie geostacjonarnych satelitów do telekomunikacji. Sformułował tak zwane prawa Clarke'a:

1. Kiedy stary i poważany w środowisku naukowiec stwierdza, że coś jest możliwe to prawie na pewno ma rację. Kiedy stwierdza że jest niemożliwe to najprawdopodobniej się myli.
2. Jedynym sposobem na odkrycie granic możliwości jest ich osiągnięcie i przekroczenie.
3. Każda dostatecznie rozwinięta technologia może być postrzegana jako magia (niczym nie różni się od magii)[112].

112 Arthur Charles Clarke, “Hazards of Prophecy: The Failure of Imagination”, 1973

Isaac Asimov

Pisarz science-fiction pochodzenia rosyjskiego. W 1942 roku sformułował trzy prawa robotyki:

1. Robot nie może skrzywdzić człowieka, ani przez zaniechanie działania dopuścić by człowiekowi stała się krzywda.
2. Robot musi być posłuszny poleceniom człowieka za wyjątkiem poleceń, które byłyby sprzeczne z pierwszym prawem.
3. Robot musi chronić siebie dopóki nie jest to sprzeczne z pierwszym lub drugim prawem.

Karel Čapek

Czeski pisarz najbardziej znany z powodu upowszechnienia słowa „robot". Po raz pierwszy nazwał tak człekokształtne automaty w swojej sztuce *Rossumovi univerzální roboti* z 1920 roku. Nazwę pochodzącą od słowa „robota" (w znaczeniu ciężka praca) wymyślił jego brat Josef Čapek. Wiele z jego dzieł porusza temat etycznych aspektów rewolucyjnych wynalazków.

Podsumowanie

Jeśli rozwój mikroprocesorów będzie nadal przebiegał zgodnie z prognozami wynikającymi z prawa Moore'a, to pierwszego sztucznego umysłu o zdolnościach porównywalnych z człowiekiem należy się spodziewać w przeciągu dekady. Dalszy rozwój komputerów będzie wymagał zastosowania jednej z technologii, które są obecnie w fazie eksperymentów, jako że fotolitografia prędzej czy później osiągnie kres możliwości. Jeśli nowa technologia również będzie się udoskonalać w tempie wykładniczym to Osobliwość definiowana jako stan w którym przeciętny człowiek nie jest zdolny ogarnąć postępu technologicznego, powinna nastąpić około roku 2045. Pozostaje tylko pytanie czy będzie to rzeczywiście wydarzenie przełomowe, okres przejściowy, czy tylko fakt wart wymienienia wraz z osiągnięciami medycyny, nanotechnologii, fizyki czy astronautyki. Nie należy bagatelizować negatywnego wpływu technologii na środowisko naturalne i społeczeństwo. Rabunkowa gospodarka i choroby cywilizacyjne mogą sprawić, że pomimo postępu technologicznego warunki życiowe pogorszą się.

Bibliografia

książki:

- Raymond Kurzweil, „The Singularity is near", wydawnictwo Penguin Group 2005
- Raymond Kurzweil, „The Law of Accelerating Returns", Lifeboat Foundation 2001
- Kevin Kelly, „Out of Control: The New Biology of Machines, Social Systems, and the Economic World", Fourth Estate, 1995
- Rob Bryanton, „Imagining the Tenth Dimension", Talking Dog Studios 2006
- Vincent F. Hendricks: "500 CC Computer Citations", King's College Publications, London 2005
- Henry Ford, „My Life and Work", Project Gutenberg 2001
- Michael Armstrong, „Zarządzanie zasobami ludzkimi", Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2005
- Józef Oleński, „Ekonomika informacji", PWE, Warszawa 2001
- Ryszard Tadeusiewicz, „Problemy biocybernetyki", Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1994
- Bogdan Suchodolski, „Kim jest człowiek?", Wiedza Powszechna, Warszawa 1985

artykuły:

- Zbigniew Jaworowski, *Te plamy nas wykończą*, tygodnik „Polityka" 10 sierpnia 2009
- Piotr Stasiak, *Nowy darmowy świat*, tygodnik „Polityka" Nr 45 (2730) 7 listopada 2009
- Richard Wrangham, *Homo Kucharz*, tygodnik „Polityka" Nr 48 (2733) 28 listopada 2009
- Wojciech Lorenz, *Iran gotów do wojny o atom*, „Rzeczpospolita" 23 listopada 2009
- Anthony Berglas, „Artificial Intelligence Will Kill Our Grandchildren", 22 lutego 2009
- Irving John Good, Franz L. Alt and Morris Rubinoff, *Speculations Concerning the First Ultraintelligent Machine*, „Advances in Computers", Academic Press 1965
- Nick Bostrom, Existential Risks, „Journal of Evolution and Technology", marzec 2002
- J. McCarthy, M. L. Minsky, N. Rochester, *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*, 1955

- J. C. Hafele, Richard E. Keating, *Around the world atomic clocks: predicted relativistic time gains*, „Science" 177 (4044) 14 lipca 1972
- Leonard Adelman, *Molecular Computation Of Solutions To Combinatorial Problems*, „Science" 1994
- Christopher D. Harvey, David W. Tank, *Intracellular dynamics of hippocampal place cells during virtual navigation*, „Nature" 15 września 2009
- William Grimes, *Taking Swings at a Myth, With John Henry the Man*, „New York Times" 18 października 2006
- Garrett Hardin, *Tragedy of the Commons*, „Science" 1967
- Nathanial Gronewold, *New School of Thought Brings Energy to the Dismal Science,* „Greenwire", 23 października 2009

strony internetowe:

tranzystor optyczny:
www.heise-online.pl/newsticker/news/item/Komputery-szybkie-jak-swiatlo-757305.html

Uniform Resource Identifiers
http://tools.ietf.org/html/rfc2396

projekt Blue Brain
http://bluebrain.epfl.ch/

nagroda Loebnera dla twórcy programu, który przejdzie test Turinga:
www.loebner.net/Prizef/loebner-prize.html

eksperyment myślowy „Chiński Pokój"
www.bbsonline.org/Preprints/OldArchive/bbs.searle2.html

superkomputer Cray Jaguar
www.nccs.gov/computing-resources/jaguar/

komputer K0202 Jacka Karpińskiego
http://brain.fuw.edu.pl/~durka/var/K202/

Atomic Clock Ensemble in Space
www.spaceflight.esa.int/projects/index.cfm?act=default.page&page=829

prawo Maes-Garreau
www.kk.org/thetechnium/archives/2007/03/the_maesgarreau.php

Departament Skarbu Stanów Zjednoczonych: legalny środek płatniczy
www.ustreas.gov/education/faq/currency/legal-tender.shtml

połączenie telegraficzne przez Atlantyk
http://atlantic-cable.com/1858NY/index.htm

nietrafione przewidywania
http://listverse.com/2007/10/28/top-30-failed-technology-predictions/

silnik Stirlinga
www.stirling.fc.pl

energia zużywana przy każdym wyszukaniu w google
http://technology.timesonline.co.uk/tol/news/tech_and_web/article5489134.ece

bojowe bezzałogowe aparaty latające
www.g2mil.com/fighter_uavs.htm

bilans ofiar wojny w Iraku
http://web.mit.edu/CIS/pdf/Human_Cost_of_War.pdf

Spis treści

Wstęp....2
Znaczenie terminu....2
Sztuczna inteligencja....3
Sieci neuronowe....7
Projekt Blue Brain....8
Komputer analogowy....10
Komputer kwantowy....11
Komputer optyczny....12
Komputer biologiczny....13
Test Turinga....13
Chiński pokój....14
Eksplozja inteligencji....14
Ewolucja biologiczna....16
Przyspieszające zmiany....17
Interfejs mózg-komputer....20
Prawo Maes-Garreau....22
Wirtualna rzeczywistość....23
Inne ważne programy badawcze....27
Kontrolowana reakcja termojądrowa....27
Aspekty ekonomiczne....29
Podaż pieniądza....38
Społeczeństwo Informacyjne....40
Ilość Informacji....41
Łącza internetowe....45
Cyfrowe nośniki informacji....46
Własność intelektualna....48
Gospodarka oparta na zasobach....50
Szczyt wydobycia ropy naftowej....52
Potencjalne niebezpieczeństwa....53
Maszyna samoreplikująca....55
Krytyka....56
Scenariusze....57
Rozbłyski słoneczne....58
Strefy wpływów i punkty zapalne....59
Fikcja....62
Najnowsze osiągnięcia....62
Nietrafione przewidywania....65
Wizjonerzy....67
Podsumowanie....70
Bibliografia....71